ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE
ANNEE 1982 N° 25

LE PONT L'ÉVÊQUE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE
DIPLÔME D'ÉTAT

présentée et soutenue publiquement en 1982
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse
par

Patrice, François, Marie, Marcel PINOT
Né le 7 Mai 1954 à CANAPVILLE (Orne)

Jury :

Président : Mme. ENJALBERT
Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs :
M. EECKHOUTTE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
M. CABANIE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Association des Élèves
E. N. V. T.

UNIV.
LEIDEN
1878

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547625_0021

ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE
ANNÉE 1982 N° 25

LE PONT L'ÉVÊQUE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE
DIPLÔME D'ÉTAT

présentée et soutenue publiquement en 1982
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse
par

Patrice, François, Marie, Marcel PINOT
Né le 7 Mai 1954 à CANAPVILLE (Orne)

Jury :

Président : Mme. ENJALBERT
Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs :
M. EECKHOUTTE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
M. CABANIE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Association des Élèves
E. N. V. T.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur ..... M. LAUTIE
Directeur honoraire ..... M. FLORIO
Professeurs Honoraires ..... M. BRIZARD
M. SAURAT

PERSONNEL ENSEIGNANT

CHAIRE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE

Professeur titulaire ..... M. GODFRAIN
Professeur sans chaire ..... Mme BURGAT-SACAZE

Pharmacie et Toxicologie

CHAIRE DE PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Professeur titulaire ..... M. RICO
Professeur sans chaire ..... M. BRAUN
Maître-Assistant ..... M. BENARD

Physique biologique et médicale
Chimie biologique et médicale
Informatique biologique et médicale

CHAIRE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

Professeur titulaire ..... M. PAVAUX
Maître-Assistant ..... M. LIGNEREUX
Maître-Assistant ..... M. SAUTET

Organogénèse - Tératologie
Anatomie générale - Anatomie appliquée

CHAIRE DE PHYSIOLOGIE, PHARMACODYNAMIE ET THERAPEUTIQUE

Professeur titulaire ..... M. RUCKEBUSCH
Professeur sans chaire ..... M. FARGEAS
Maître-Assistant Agrégé ..... M. TOUTAIN

Physiologie - Pharmacodynamie
Thérapeutique

CHAIRE D'HISTOLOGIE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE

Professeur titulaire ..... M. VAN HAVERBEKE
Professeur sans chaire ..... M. CABANIE
Maître Assistant Agrégé ..... M. MAGNOL

Histologie - Embryologie
Anatomie Pathologique - Clinique

CHAIRE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE

Professeur titulaire ..... M. LABIE
Maître-de Conférences ..... M. EECKHOUTTE
Maître-Assistant agrégé ..... Mme BENARD

Hygiène, Inspection, Contrôle et Technologie
des Denrées alimentaires d'Origine Animale
Clinique

CHAIRE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES

Professeur titulaire ..... M. DORCHIES
Maître de Conférences ..... M. FRANC
Maître-Assistant ..... M. DUCOS DE LAHITTE

Zoologie appliquée - Ecologie
Parasitologie externe - Dermatologie
Parasitologie interne - Clinique

CHAIRE DE SEMIOLOGIE ET PATHOLOGIE MEDICALE DES EQUIDES ET CARNIVORES ET DE LEGISLATION

Professeur titulaire ..... M. LESCURE
Maître de Conférences ..... M. GUELFI
Maître-Assistant ..... M. REGNIER

Sémiologie et Pathologie Médicale des Equidés et Carnivores
Législation Vétérinaire et Déontologie-Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR

Professeur titulaire ..... M. TOURNUT
Maître de Conférences ..... M. BEZILLE
Maître-Assistant ..... M. JOUGLAR

Sémiologie et Pathologie Médicale du Bétail
et des Animaux de Basse-Cour - Clinique
Consultation itinérante

CHAIRE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE

Professeur titulaire ..... M. CAZIEUX
Maître-Assitant Agrégé ..... M. GENEVOIS
Maître-Assistant ..... M. AUTEFAGE
Maître-Assistant ..... M. FAYOLLE

Propédeutique et Sémiologie Chirurgicale
Radiologie - Technique chirurgicale
Anesthésiologie - Pathologie chirurgicale
Traumatologie - Podologie orthopédique
Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION

Professeur titulaire ..... M. FERNEY
Professeur sans chaire ..... M. ROYAL

Pathologie de l'appareil génital et de la mamelle
Sémiologie et Propédeutique -
Pathologie de la reproduction
Obstétrique et pathologie du nouveau-né
Clinique - Consultation itinérante

CHAIRE DE MALADIES CONTAGIEUSES - ZOONOSES - LEGISLATION SANITAIRE

Professeur titulaire ..... M. CHANTAL
Maître-Assistant ..... M. PICAVET

Epidémiologie - Maladies Contagieuses
Zoonoses - Législation Sanitaire
Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE GENERALE - MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE

Professeur titulaire ..... M. LAUTIE
Maître-Assistant ..... M. PELLERIN
Maître-Assistant ..... M. MILON

Microbiologie - Immunologie
Pathologie Générale

CHAIRE D'ELEVAGE ET ECONOMIE

Professeur titulaire ..... M. QUEINNEC
Professeur sans chaire ..... M. DARRE
Maître-Assistant ..... Mme. QUEINNEC

Ethnologie - Génétique animale
Extérieur - Zootechnie et Economie générales
Ethologie Appliquée, Sciences, Techniques
Economie de l'Elevage et des Productions animales
Insémination artificielle
Organisation de l'élevage

CHAIRE D'ALIMENTATION

Professeur titulaire ..... M. FALIU
Professeur sans chaire ..... M. GRIESS
Maître-Assistant ..... M. ENJALBERT

Botanique Appliquée et Bromatologie
Agronomie - Alimentation

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

MM. Les Professeurs ANGELIER, ARMENGAUD, COMBES, COMBRET, CROS, FERNET et MAZENC

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables
des opinions émises par les candidats (délibération de la Faculté en
date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924).

A MES PARENTS

En témoignage d'affection et de reconnaissance.

Qu'ils trouvent ici la modeste récompense de leurs efforts et de leur aide.

A MARIE-HELENE

Qu'elle trouve ici le témoignage de tout mon amour.

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Madame le Professeur ENJALBERT
de l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Qui nous a fait le très grand honneur d'accepter la présidence de notre Jury de Thèse.

Hommage respectueux.

A NOTRE JURY DE THESE

Monsieur le Professeur EECKHOUTTE
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui nous a fait le grand honneur de juger ce travail.

Veuillez trouver ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.

Monsieur le Professeur CABANIE
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui a bien voulu faire partie de notre Jury de Thèse.

Qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance et sympathie.

A Monsieur DESFLEURS

Nous le remercions pour les avis et conseils qu'il a su nous prodiguer pour l'élaboration de ce travail.

Hommage respectueux.

LE PONT L'EVÊQUE

P L A N

INTRODUCTION..... p. 1

PREMIERE PARTIE : HISTORIQUE - APPELLATION D'ORIGINE..... p. 3

I. - HISTORIQUE..... p. 3

II. - APPELLATION D'ORIGINE..... p. 4

DEUXIEME PARTIE : FABRICATION..... p. 7

I. - FABRICATION FERMIERE ANCIENNE ET TRADITIONNELLE..... p. 7

1. Le lait
2. Emprésurage
3. Moulage
4. Egouttage
5. Salage
6. Affinage
7. Pont l'Evêque lavés

II. - FABRICATION INDUSTRIELLE..... p. 10

1. Le lait..... p. 10

a) Provenance - Composition

b) Ramassage

c) Arrivée du lait à l'usine

2. Fabrication du Pont l'Evêque..... p. 11

a) Maturation - Standardisation - Pasteurisation..... p. 11
(1) Lait cru
(2) Mélange lait cru - lait pasteurisé
(3) Lait pasteurisé

b) Emprésurage et coagulation..... p. 13
(1) Technique
(2) Mécanisme intime de la coagulation

c) Moulage - Egouttage..... p. 15
(1) Le tranchage
(2) Egouttage mécanique
(3) Moulage
(4) Egouttage

d) Salage..... p. 18
(1) Pratique
(2) Rôle du sel

e) Affinage..... p. 19
(1) Définition
(2) Réalisation pratique
(3) Mécanisme intime de l'affinage
(4) Substances responsables de l'arôme du Pont l'Evêque
— Acides gras libres
— Composés neutres volatils
— Acides aminés
— Amines

Conclusion

TROISIEME PARTIE : PRESENTATION - COMMERCIALISATION - EXPORTATION.... p. 27

I. - PRESENTATION..... p. 27

1. Contrôles..... p. 27

a) Contrôle d'origine

b) Contrôle de la qualité

2. Composition et valeur nutritive..... p. 29

3. Pont l'Evêque "fleuri" et Pont l'Evêque "bactérien"..... p. 31

II. - COMMERCIALISATION..... p. 31

1. Volume de la production..... p. 31

2. Commercialisation et conservation..... p. 32

III. - EXPORTATION..... p. 32

1. Volume de l'exportation..... p. 34

2. Les pesticides..... p. 35

a) Définition

b) Produits recherchés

c) Evolution de la contamination

3. Les aflatoxines..... p. 36

4. Problèmes bactériologiques..... p. 36

QUATRIEME PARTIE : INCIDENTS ET DEFAUTS..... p. 39

I. - DEFAUTS DE FORME..... p. 39

1. Faces latérales convexes..... p. 39

a) Le gonflement précoce : la flore coliforme..... p. 39
(1) Description du fromage
(2) Causes de l'accident
(3) Fréquence
(4) Prophylaxie
— A la ferme
— En fromagerie

b) Le gonflement tardif : la flore thermorésistante..... p. 43
(1) Description
(2) Causes de l'accident
— La flore thermorésistante
— Sources de contamination du lait
(3) Prophylaxie
— A la ferme
— En fromagerie

2. Faces latérales concaves..... p. 45

a) Description

b) Causes

c) Prophylaxie

II. - DEFAUTS D'ASPECT..... p. 46

1. Faces ridées : maladie de la "graisse"..... p. 46

a) Description

b) Agent responsable

c) Prophylaxie

2. Les tyroglyphes..... p. 47

3. Couleurs anormales..... p. 47

a) Le "Poil de chat" : les Mucorales..... p. 47
(1) Description
(2) Causes
— Agents responsables
— Modes de contamination

(3) Moyens de lutte

b) Taches superficielles bleuâtres ou verdâtres..... p. 50
(1) Description
(2) Agents étiologiques
(3) Prophylaxie et moyens de lutte

c) Taches superficielles de teinte brun-violet..... p. 52
(1) Etiologie
— Fer et plusieurs *Penicillium*
— *Scopulariopsis brevicaulis*
(2) Prophylaxie

d) Taches superficielles de teinte jaunâtre..... p. 53

e) Taches superficielles de teinte rougeâtre..... p. 53

III. - DEFAUTS DE LA PATE..... p. 54

1. Pâte colorée

2. Pâte sèche

3. Pâte coulante

IV. - DEFAUTS DE GOUT..... p. 55

1. Goût de rance - Goût de savon..... p. 55
a) Etiologie

b) Prophylaxie

2. Goût d'amertume..... p. 57

a) Etiologie
(1) Excès de sels de calcium amers
(2) Protéolyse

b) Prophylaxie

3. Goût trop salé..... p. 58

4. Goût putride..... p. 59

CONCLUSION GENERALE..... p. 61

BIBLIOGRAPHIE..... p. 65

INTRODUCTION

Un relief peu tourmenté, un sol à prédominance argilo-calcaire, un climat maritime doux et tempéré, ont donné à la Normandie ses prairies naturelles. De ces herbages et vergers découlent l'originalité et les richesses de la province : industrie cidricole, élevage, industrie laitière et surtout industrie fromagère dont trois noms de localités normandes : Camembert, Pont l'Evêque et Livarot ont assuré, jusqu'à ce jour, la renommée.

Si, par le volume de la production et de l'exportation et par un nom mondialement connu, le Camembert obtient la primauté, le Pont l'Evêque, bien ancré dans sa province d'origine, a su garder une place de choix. De fabrication fermière ou industrielle, ce fromage compte de nombreux adeptes grâce à son originalité, ses caractéristiques diététiques et organoleptiques. Outre un intérêt historique, culturel et économique non négligeable, l'étude du Pont l'Evêque présente pour nous un intérêt professionnel dans le cadre de l'inspection sanitaire et de qualité. En effet, de nouvelles données telles que :

- l'augmentation de la taille des cheptels normands,
- la généralisation des stabulations libres et de l'emploi hivernal des ensilages de maïs et d'herbe,
- la généralisation de la traite mécanique et de la conservation du lait par le froid à la ferme,
- le traitement des mammites par les antibiotiques,

par leur incidence sur la matière première, ont mis l'accent sur le rôle primordial des facteurs hygiéniques et sanitaires pour l'obtention d'un produit fini de qualité.

Comme pour la plupart des fromages, ces nouvelles données ont souvent été pour le Pont l'Evêque à l'origine de procédés et techniques de fabrication s'éloignant sensiblement de ceux de la fabrication ancestrale et traditionnelle.

Après un bref historique du Pont l'Evêque, fromage à appellation d'origine, nous étudierons les différents types de fabrication, les problèmes que posent sa présentation et sa commercialisation, avant d'aborder les incidents et les défauts susceptibles d'apparaître lors de la fabrication ou sur le produit fini.

PREMIERE PARTIE

HISTORIQUE - APPELLATION D'ORIGINE

I. - HISTORIQUE

Le fromage de Pont l'Evêque tire son nom de la ville de Pont l'Evêque qui se trouve à mi-chemin entre Lisieux et Deauville.

Le plus vieux texte dans lequel ce fromage est déjà mentionné est le "Roman de la Rose", écrit en 1230 par Guillaume de Lorris et Jehan de Meung et souvent réédité, qui précise qu'au dessert les bonnes tables étaient garnies :

"de tartes et de flaons
ou de fromages angelons".

Puis, en 1560, à Périgueux, Bruyerin de Champier, dans son traité "*De Re Cibaria*", fait nouvelle mention des fromages de la région de Pont l'Evêque.

En 1588, Charles de Bourgueville, dans son ouvrage "Recherches et Antiquitez de la Province de Neustrie", cite "*les bons fromages que l'on appelle angelots*" parmi les produits de la Vicomté de Pont l'Evêque.

Appelé d'abord "angelon" puis "angelot", le fromage de Pont l'Evêque, au XVIe siècle, voit son nom modifié en "augelot", sans doute pour marquer son lieu de fabrication : la Vallée d'Auge.

En 1662, Le Cordier, dans un poème intitulé "Le Pont l'Evêque", consacre un chant tout entier à la description des fromages fort renommés et nous apprend qu'on leur donnait des formes telles que celles de "*fleurs de lis, de croix du Saint-Esprit, de coeurs, de croissants, de dauphins et de lièvres*".

En 1722, De Masseville souligne l'importance de la production en mentionnant qu'on fait à Pont l'Evêque "*des fromages qui sont estimez et qu'on transporte en divers païs*".

Enfin, en 1877, Morière, dans son ouvrage "De l'Industrie Fromagère dans le Département du Calvados", distingue plusieurs qualités de Pont l'Evêque

dont la meilleure "*le fromage de commande*", faite de deux tiers de lait doux et un tiers de crème, ne se trouvait que sur la table du riche. Ce même auteur évalue en 1876 la production totale de Pont l'Evêque à environ 150.000 douzaines de fromages.

II. - APPELLATION D'ORIGINE

La notion d'appellation d'origine est ancienne mais aussi complexe car elle risque d'être confondue avec les notions voisines d'indication de provenance, de qualité, de marque de fabrique ou de commerce. Ce n'est que peu à peu que la législation s'est attachée à la définition et à la protection des appellations d'origine.

En juin 1948, le premier congrès de l'origine à Deauville, sous l'égide du Syndicat de la marque d'origine "Pays d'Auge", a donné de l'origine la définition suivante :

"Un produit est d'origine lorsqu'il a une originalité propre, une personnalité consacrée par les usages et une renommée constatée".

En outre, la loi n° 55-1533 du 28 novembre 1955 relative aux appellations d'origine des fromages (J.O. 30 novembre 1955), Art. 2, stipule :

"Pour avoir droit aux appellations d'origine, les fromages doivent :
1. Provenir d'un lait produit, livré et transformé dans une aire géographique traditionnelle en vue d'usages locaux, loyaux et constants.
2. Présenter une originalité propre et une notoriété évidente".

Le droit à l'appellation d'origine est déterminé par un organisme semi-public, le C.N.A.O.F. (Comité National des Appellations d'Origine des Fromages), composé de représentants de l'Administration et des grandes régions fromagères, assisté d'experts désignés par les Fédérations Nationales de la Production de la Coopération et de l'Industrie Laitière.

L'avis conforme du C.N.A.O.F., donné au vu d'un rapport et d'une étude sur l'aire géographique traditionnelle, les conditions de production, l'histoire de la production, sa notoriété et son originalité, a permis la sortie du Décret du 24 mai 1976 relatif à l'appellation d'origine "Pont l'Evêque"

(J.O. du 3 juin 1976, page 3290), stipulant entre autres (Art. 1, alinéa 2 et Art. 2) :

"- *La production du lait, la fabrication et l'affinage des fromages doivent être effectués dans l'aire géographique qui s'étend au territoire de toutes les communes des départements suivants : Calvados, Eure, Manche, Mayenne, Orne et Seine Maritime.*

- *Le fromage bénéficiant de l'appellation d'origine "Pont l'Evêque" est un fromage à pâte molle de forme carrée de 105 à 115 mm de côté, fabriqué exclusivement avec du lait de vache emprésuré, à pâte malaxée, à égouttage forcé, légèrement salée, affinée après ou sans lavage de la croûte, contenant au minimum 45 grammes de matière grasse pour 100 grammes de fromage après complète dessiccation et dont le poids total de matière sèche ne doit pas être inférieur à 140 grammes par fromage.*

Ce fromage est affiné, pendant deux semaines au minimum à compter du jour de fabrication dans l'aire géographique délimitée.

L'appellation : "Petit Pont l'Evêque" est réservée à un "Pont l'Evêque" de format réduit de 85 à 95 mm de côté et dont le poids total de matière sèche ne doit pas être inférieur à 85 grammes par fromage.

L'Appellation "Demi-Pont l'Evêque" est réservée à une moitié de "Pont l'Evêque", de forme rectangulaire, de 105 à 155 mm sur 52 à 57 mm de côté et dont le poids total de matière sèche ne doit pas être inférieur à 70 grammes par fromage."

Dans un premier temps, le C.N.A.O.F. a voulu réserver le droit des appellations d'origine des fromages tant en France qu'à l'étranger chaque fois que c'était compatible avec les législations en vigueur. Mais, très vite, il a subordonné cette protection et ce droit à des impératifs de qualité sur lesquels doivent veiller les Syndicats d'Appellation d'Origine. Il est ainsi imposé aux zones de production un rigoureux contrôle de la qualité sous la responsabilité d'une commission de contrôle officialisée par décret. Cependant, pour coordonner leur action dans de nombreux domaines, les Syndicats d'Appellation d'Origine ont constitué en 1974 l'Association Nationale des Appellations d'Origine des Fromages. Les statuts précisent que l'Association a pour but :

1) l'étude et la mise en oeuvre des moyens permettant la valorisation des productions fromagères bénéficiant d'une appellation d'origine ;

2) la représentation des organismes professionnels ou interprofessionnels de producteurs et d'affineurs de fromages à appellation d'origine auprès des organisations professionnelles, des pouvoirs publics français et des instances internationales ;

3) la promotion de la notion d'appellation d'origine ;

4) la recherche des moyens de défense et son organisation ;

5) le développement et la coordination des actions techniques ;

6) la propagande en faveur des fromages à appellation d'origine ;

7) le renforcement en liaison avec le C.N.A.O.F. et sous sa délégation, du contrôle des quantités fabriquées et commercialisées ;

8) la participation à la lutte contre la fraude ;

9) l'harmonisation des contrôles de qualité.

DEUXIEME PARTIE

FABRICATION

Deux types de fabrication sont à envisager : une fabrication ancienne et traditionnelle d'une part et une fabrication industrielle et mécanisée d'autre part.

I. - FABRICATION FERMIERE ANCIENNE ET TRADITIONNELLE

Autrefois, le lait, venant d'être trait (donc à 37°C), était emprésuré avec une quantité de présure telle que la prise se fasse en un quart d'heure. Le caillé était découpé à l'aide d'un couteau de bois et déposé sur des nattes de roseaux ou de joncs (glottes). On forçait l'égouttage en le roulant dans la glotte.

Ensuite, on remplissait avec ce caillé des moules carrés, en bois de hêtre ou de frêne, en le tassant à la main. On retournait le fromage un certain nombre de fois dans les 20 minutes qui suivaient puis on le portait avec son moule sur une autre glotte bien sèche où il était retourné cinq ou six fois dans la journée.

Deux jours plus tard, le fromage était démoulé et salé au sel fin, le tour et un côté le matin, l'autre côté le soir. Les fromages étaient ensuite placés au séchoir deux à trois jours sur du glui, retournés une fois par jour. Une fois secs, les fromages étaient portés à la cave, disposés sur le champ, accolés l'un à l'autre. On les retournait tous les deux jours, en les posant tantôt à plat l'un sur l'autre, tantôt debout. Ils y restaient une vingtaine de jours pour les petits et plusieurs mois pour les gros.

La fabrication fermière actuelle s'inspire de cette méthode. S'il y a mélange de traites, on réchauffe le lait. Les moules sont en matière plastique le plus souvent.

1. Le lait

Il doit être aussi frais que possible (16-17° Dornic), ne pas dépasser 18° Dornic, assez gras pour les fromages à 45 grammes de matières grasses pour 100 grammes de fromage, après complète dessiccation. Il faut environ trois litres par fromage.

2. Emprésurage

Une température de 32 à 40°C, le plus souvent de 34 à 37°C, est souhaitable. On emprésure à la dose de 37 à 40 ml de présure à 1/10.000e pour 100 litres de lait, parfois moins. On ajoute souvent 0,1 gramme de chlorure de calcium par litre. Le temps de prise varie de 6 à 10 minutes.

3. Moulage

Attendre 40 à 60 minutes (début du perlage), puis effectuer un découpage croisé en grains de 2 cm de côté et, 10 minutes plus tard, un découpage horizontal et un brassage. Laisser reposer 10 minutes puis décanter le sérum surnageant.

Actuellement, le déversement se fait sur le répartiteur et le moulage, en moules plastiques, sur stores en plastique. On effectue un retournement immédiat après le moulage, puis une heure, trois heures et cinq heures après.

4. Egouttage

La température de la salle d'égouttage, partant de 28°C, doit chuter jusqu'à 22°C environ. Le sérum d'égouttage a une acidité de 11° Dornic au moulage. Elle ne change pas pendant deux heures. Puis le sérum s'acidifie pour arriver à 65-70° Dornic à la 9e heure et 100° Dornic et plus le lendemain.

Le Pont l'Evêque est retourné le lendemain et démoulé parfois seulement

au 3e jour. Il est retourné une fois par jour pendant son séjour en salle d'égouttage à 22°C, où il reste jusqu'à son salage.

5. Salage

Il a lieu du 3e au 10e jour, généralement vers le 5e jour, à la main ou à la machine, avec du gros sel à la dose de 1,5 à 2 %. On peut aussi saler en saumure à 15°C pendant 50 à 60 minutes. L'humidité du fromage est de 53 à 57 % avant salage et 48 à 52 % après. La température souhaitable du saloir est de 13°C. On y laisse les fromages sécher 2 à 4 jours avant de les transporter à la cave.

6. Affinage

Les Pont l'Evêque sont planchés dans la cave, à une témpérature de 11 à 13°C et avec une hygrométrie variant de 90 à 95. Les fromages sont d'abord disposés à champ, accolés l'un à l'autre. Au bout de 48 heures, ils sont empilés à plat, l'un sur l'autre. On fait alterner tous les deux jours ce mode de rangement.
L'affinage dure de 13 jours à 3-6 semaines. Les Pont l'Evêque "fleuris" sont brossés ou lavés à l'eau pure, additionnée quelquefois de rocou, un jour avant l'emballage.

7. Pont l'Evêque lavés

Au lieu de les saler au sel sec ou en saumure, on lave les fromages avec une saumure légère, pour la première fois d'ailleurs plus tardivement, du 7e au 10e jour. Ensuite, ils sont lavés tous les 4 jours environ. On additionne le plus souvent la saumure de rocou et aussi de ferments spéciaux.

II. - FABRICATION INDUSTRIELLE

1. Le lait

a) Provenance - Composition

Il provient exclusivement d'exploitations agricoles situées dans les six départements mentionnés dans le décret relatif à l'appellation d'origine : Manche, Orne, Mayenne, Calvados, Eure et Seine Maritime. Sa conservation se fait actuellement de plus en plus dans les tanks réfrigérés à la ferme : ainsi, en 1973, seulement 1 % des exploitations dans le Calvados possédaient un tank réfrigéré. En 1980, sur les 640 millions de litres collectés dans le département, les deux tiers sont conservés en tanks réfrigérés.

D'après le Laboratoire Interprofessionnel Laitier du Calvados, sur environ 200.000 vaches, le taux moyen de matières grasses du lait varie suivant la saison, descendant vers 38 p. 1.000 en mai-juin, pour culminer à 44-45 p. 1.000 en novembre, décembre et janvier. Le taux moyen de matière protéique culmine à 34-35 p. 1.000 en mai lors de la mise à l'herbe et en début d'hiver et tombe à 32 p. 1.000 en fin d'hiver. A noter que ce taux est tombé accidentellement à 30 p. 1.000 lors de la sécheresse de 1976, laissant supposer que l'animal aurait tendance à garder son capital d'acides aminés, le déficit protéique se répercutant surtout au niveau du lait.

b) Ramassage

Il se fait de plus en plus par camions citernes réfrigérés en général tous les deux jours. Pour le lait en bidons, le ramassage est bi-quotidien et le transport de la ferme à l'usine se fait dans un bref délai pour éviter de traiter des laits trop acides, surtout en période estivale.

c) Arrivée du lait à l'usine

A son arrivée, le lait subit divers contrôles et dosages :

- Contrôle quantitatif :
  - en bidons, il est fait par simple pesage ;
  - en tanks, le lait a été comptabilisé à la ferme à partir de la jauge millimétrée du tank.

— Dosage des matières grasses et des matières protéiques :

Il est effectué, dans la plupart des cas, cinq prélèvements par quinzaine.

— Dosage de l'acidité :

Pour le lait en bidons, le tri se fait sur la chaîne par un "trieur". Cependant, éliminer tous les laits titrant à l'arrivée plus de 19° Dornic est assez difficile : l'indicateur de pH au bleu de bromothymol de donne pas de résultats très précis, le virage de l'indicateur étant difficilement appréciable. L'intérêt du "tri à l'odeur" permet cependant de déceler les fermentations hétérofermentaires sans production d'acidité au sujet desquelles l'indicateur n'apporte aucun renseignement.

— Contrôle qualitatif :

La qualité bactériologique est appréciée par la méthode de la réductase ou par comptage microbien direct. La détection de la présence d'antibiotiques ou d'inhibiteurs se fait deux fois par mois par la méthode d'acidification et par les épreuves de confirmation.

2. Fabrication du Pont l'Evêque

a) Maturation - Standardisation - Pasteurisation

Le lait arrive à l'usine à une température inférieure ou égale à 4°C. Ce stockage provoque un déséquilibre salin en abaissant le taux de phosphate de calcium colloïdal, d'où une augmentation du temps de coagulation et un égouttage plus difficile. On peut remédier à ces inconvénients en ajoutant une petite quantité de chlorure de calcium.

A ce stade, plusieurs procédés sont utilisés le plus souvent par les fromagers, selon qu'ils désirent travailler à partir de lait cru, d'un mélange lait cru - lait pasteurisé ou à partir de lait pasteurisé.

(1) Lait cru

Dans la fabrication à partir du lait cru, on fait d'abord subir au lait une "maturation" en le conservant pendant 12 à 24 heures à des températures

variant de 8 à 12°C. Au cours de cette "maturation", outre un rétablissement des équilibres salins entre les formes solubles et colloïdales du calcium et du phosphore inorganique, il se produit une légère protéolyse libérant des peptides et des acides aminés favorables à un bon développement de la flore lactique naturelle. Ce procédé permet de garder intacte la flore lactique dite "sauvage", mais elle nécessite un lait initialement de bonne qualité bactériologique. Cependant, le produit fini sera moins standardisé et moins homogène et variera au point de vue organoleptique, suivant la saison et la provenance géographique du lait. La standardisation se fait par écrémage partiel.

(2) Mélange lait cru - lait pasteurisé

Dans la fabrication à l'aide d'un mélange lait cru - lait pasteurisé, on fait subir au lait cru la même "maturation" que précédemment. On assure la standardisation par un mélange de lait cru et de lait écrémé pasteurisé, ce dernier entrant pour 25 à 30 % dans le mélange. La pasteurisation est effectuée le plus souvent vers 74 à 75°C pendant 15 à 20 secondes. Sur un lait, peu acide au départ (inférieur à 19° Dornic) et stable à la chaleur, elle permet une destruction presque totale de la flore du lait cru. Elle entraîne cependant une précipitation irréversible de sels de calcium que l'on compense par l'addition de chlorure de calcium déjà mentionnée. L'écrémage partiel se fait le plus souvent vers 35°C.

(3) Lait pasteurisé

Le lait peut être pasteurisé d'emblée puis on lui fait subir une "maturation" avec un ensemencement de ferments lactiques mésophiles à la dose de 0,1 % présentés soit sous forme liquide, lyophilisée ou congelée. Ces ferments lactiques sont le plus souvent constitués d'un mélange appartenant aux types *Streptococcus lactis*, *S. cremoris*, *S. diacetilactis*. On y ajoute des ferments spéciaux : par exemple PLA pour les Pont l'Evêque lavés, PL 7 pour les Pont l'Evêque "fleuris", chez Lacto-Labo.

Il est possible et souvent souhaitable de faire subit au lait une double "maturation", une avant la pasteurisation et l'autre ultérieurement. On bénéficie ainsi des modifications physico-chimiques de la première "maturation"

favorables à la croissance des levains lactiques ajoutés après la pasteurisation.

Après la standardisation, quel que soit le procédé utilisé, le lait est prêt pour l'emprésurage.

b) Emprésurage et coagulation

(1) Technique

Le lait est soutiré des tanks de standardisation et réchauffé à la température de 35 à 37°C selon l'acidité du lait. Un lait peu acide (17° Dornic) sera emprésuré à 37°C, alors qu'un lait acidifié titrant 19° Dornic sera chauffé vers 34-35°C. Cette rectification, *a priori* contradictoire, puisqu'un lait acide devrait subir une action présure plus accentuée, s'explique par les contraintes de la mécanisation qui imposent au caillé une fermeté et une vitesse d'égouttage ne pouvant varier que dans une fourchette assez serrée.

La dose de présure est d'environ 40 ml pour 100 litres de lait (présure à 1/10.000e). La dose est assez élevée et son action au cours de l'affinage sera importante. Pour une acidité de 17-18° Dornic, 40 ml de présure et 37°C sont les caractères d'une préparation du lait à une coagulation de type présure très prononcé.

— L'acidité de 17-18° Dornic est le reflet d'une population lactique peu importante.

— 40 ml de présure pour 100 litres de lait est une dose maximale avant de déceler un goût d'amertume provoqué par la formation de peptides amers au cours de l'affinage.

— 37°C est proche de la température de l'activité optimum de la présure et bien supérieure à celle de développement des ferments lactiques mésophiles. Ceux-ci sont théoriquement en partie inhibés au moment de la coagulation, mais ils reprendront leur métabolisme normal dès le refroidissement du caillé à la température des salles de fabrication et d'égouttage descendant de 27 à 24°C au cours de la journée.

Ces normes permettent d'obtenir un temps de floculation de 7 à 8 mn, floculation rapide pour une fabrication de pâte molle.

L'emprésurage se fait le plus souvent en cuves ALPMA de 400 litres avec deux compartiments de 200 litres munies d'un système de déversement pneumatique, ou en cuves WALDNER de 2.000 litres.

Le durcissement va s'intensifier pendant 40 à 45 minutes après la floculation. Cette période variera en fonction de l'aptitude d'égouttage du caillé au cours du moulage et de sa rétraction. En fonction de ces critères, le temps de durcissement pourra varier de 30 à 50 minutes. Au toucher, le caillé sera très élastique et ne devra pas coller au dos de la main, le sérum perlera en surface.

(2) Mécanisme intime de la coagulation

Résumons l'action de la présure sur la caséine.

La caséine est un groupe hétérogène de phosphoprotéines élaborées par la glande mammaire, précipitables à un pH de 4,6 et à 20°C.

Elle comprend :

- la caséine alpha, protéine de 200 acides aminés, contenant 8 atomes de phosphore fixés sur certains acides alcools,
- la caséine bêta, qui contient moins de phosphore et est soluble dans l'eau quand la température devient inférieure ou égale à 6°C,

Les caséines alpha et bêta sont agglutinables par le Ca^{++}.

- la caséine kappa, contenant du soufre, spécifiquement hydrolisée par la présure et insensible au Ca^{++}.

Ce groupe hétérogène se trouve dans le lait sous forme de micelles sphériques de 300 à 3.000 Å de diamètre, chargés négativement, les caséines alpha et bêta situées au coeur et reliées par des ponts calciques, la caséine kappa à la périphérie. La taille des micelles augmente avec la température et surtout la teneur en Ca^{++} soluble.

La cinétique de la coagulation se fait en deux phases :

— Une phase enzymatique et spécifique. - La présure hydrolyse la caséine kappa et la scinde en deux éléments : la paracaséine kappa insoluble et calcophile et une fraction glycoprotidique de la caséine appelée "protéose de Hammarsten".

— Une phase physico-chimique. - Les micelles, une fois déstabilisés, perdent leurs charges négatives assurant auparavant la répulsion, et s'agglutinent, le Ca^{++} soluble unissant les caséines alpha et bêta et la paracaséine kappa calcophile. La vitesse de coagulation du lait, la stabilité de la suspension colloïdale dépendent directement du taux de Ca^{++} soluble, et donc indirectement de la quantité de chlorure de calcium additionnée auparavant.

Le caillé obtenu, vu la température optimale d'emprésurage de 37°C, a des caractéristiques présure nettes, à savoir : il est souple, gélatineux, imperméable et contractile. Il n'exsudera pas spontanément son lactosérum, d'où la nécessité du tranchage.

c) Moulage - Egouttage

(1) Le tranchage

Il se fera en deux temps :

- tout d'abord, le caillé sera découpé en cubes de 2 cm de côté et sera décollé de la paroi de la cuve avec une raclette permettant un léger brassage du caillé. Le coagulum présentera une cassure très nette au moment du tranchage ;

- deux minutes après, on effectuera un "émiettement" par quatre à six tranchages afin d'obtenir un grain de taille "noisette" ou "maïs". Selon la vitesse avec laquelle s'égoutte le caillé, il faudra obtenir un grain plus ou moins gros.

Les deux tranchages doivent se faire avec au moins deux minutes d'intervalle. Une première exsudation du sérum permet une rétraction du caillé qui rendra celui-ci plus ferme. Le deuxième tranchage est très important, il nécessite un caillé suffisamment ferme pour limiter les pertes au sérum.

Si le temps de durcissement a été trop long pour la fermeté du caillé, cas rencontré avec un lait acide de 20° Dornic, le tranchage est difficile (caillé trop résistant), la formation de fines sera importante. Le caillé collera autour des fils du tranche caillé. Aussi cette phase doit être bien surveillée car trop tendre, le coagulum sera "laiteux" et la séparation caillé-sérum sera insuffisante, d'où des pertes au sérum plus grande et un égouttage plus difficile.

(2) Egouttage mécanique

A ce stade de la fabrication, deux grands procédés peuvent être utilisés :

- Le procédé ALPMA

Ce matériel, outre les cuves de 400 litres déjà citées, comprend :

- un bac de déversement qui alimente sous une épaisseur réglable trois tapis d'égouttage superposés,
- un plan incliné qui va desservir une batterie de moulage composée d'une vingtaine de colonnes sous lesquelles sera placé le bloc moule.

La rétraction du caillé va se poursuivre dans les cuves pendant 20 à 35 minutes. Le caillé va se raffermir et s'égoutter. L'acidité du sérum reste faible (11° Dornic), valeur normale vu la faible acidité du lait à l'emprésurage. Même avec du lait plus acide (20° Dornic), l'acidité du sérum ne dépasse pas 14° Dornic.

L'acidification du sérum se poursuit lentement pour atteindre environ 65° Dornic en 9 heures. Le palier de la courbe d'égouttage indique que la population microbienne est en phase de multiplication avant d'amorcer la phase logarithmique une fois l'égouttage terminé.

Ensuite, les cuves sont renversées par un vérin pneumatique dans le bac de la machine ALPMA. Un rouleau doseur permet l'étalement du caillé sur le tapis. Le tapis est la caractéristique essentielle de la machine car il permet d'obtenir un moyen d'égouttage mécanique reproduisant parfaitement le travail effectué par la "glotte" dans la fabrication traditionnelle dont le but était d'extraire avant moulage le maximum de sérum. Le tapis d'égouttage est composé de fils métalliques comparables aux stores de joncs encore utilisés sur les tables de fabrication traditionnelle. Trois tapis sont ainsi superposés et acheminent le caillé au bout de la machine. Le tapis supérieur est recouvert d'un tissu plastifié présentant une trame très serrée, permettant ainsi la récupération des fines qui pourront s'agglomérer autour des plus gros morceaux de caillé.

La vitesse de déplacement des tapis est réglable et synchronisée avec la vitesse du rouleau doseur en rotation. Ceci permet de faire varier :

- l'épaisseur de la couche de caillé sur le tapis,
- le temps de séjour sur le tapis et par suite l'extrait sec du caillé au moulage.

Pour la fabrication du Pont l'Evêque, le temps de séjour variera de 20 à 30 minutes suivant l'acidité du lait et la facilité d'égouttage. Pour une même fabrication, la vitesse de déplacement du tapis sera réglée selon l'extrait sec du caillé apprécié au toucher à la sortie du troisième tapis.

La machine ALPMA permet de traiter des laits acides au départ en changeant les divers paramètres de la fabrication.

Par exemple, on peut définir les normes de fabrication suivantes selon l'acidité du lait traité :

Acidité du lait	17,5°D	19,5°D
Température d'emprésurage	36 - 37°C	34°C
Dose de présure	40 ml	40 ml
Temps de floculation	7 - 8 mn	6 - 8 mn
Taille du grain	maïs	noisette
Temps de séjour sur le tapis	20 - 22 mn	15 mn

La machine ALPMA permet donc de transformer une matière première très variable quant à sa maturation.

— Procédé WALDNER

La séparation du caillé et du sérum se fait dans des cuves WALDNER de 2.000 litres. Après le découpage et le tranchage, on fait tourner la WALDNER et on évacue une partie du sérum en deux temps. Après une nouvelle rotation, le caillé est ensuite introduit dans les tubes répartiteurs qui sont retournés plusieurs fois.

(3) Moulage

Dans le procédé ALPMA, le caillé est convoyé par un plan incliné à la partie supérieure de la batterie de moulage. Celle-ci est composée d'une vingtaine de colonnes verticales alimentant chacune un compartiment du bloc moule. A l'ouverture des couteaux situés à la partie inférieure de la batterie, le caillé tombe dans les moules, le retour des couteaux découpe les tranches de fromage et referme la batterie. Le fromage se trouve ainsi en place sur son moule.

Les claies supportant les blocs moules sont empilées et, après retournements, 10 à 15 minutes après le moulage, sont entreposées dans la salle d'égouttage.

Dans le procédé WALDNER, à la sortie des tubes répartiteurs, les fromages sont découpés sur des stores et entreposés ensuite dans la salle d'égouttage.

(4) Egouttage

Après le moulage, les fromages ont déjà leur forme presque définitive de fromages égouttés.

Il est fait en général deux à trois retournements. La température de la salle d'égouttage au départ de 24°C descend progressivement au cours de la première journée vers 20°C. Le lendemain, on retourne les fromages encore une fois. Une odeur de pomme caractéristique dénote le dégagement d'aldéhyde acétique, produit de fermentation alcoolique des levures présentes en surface. On peut remarquer aussi la présence d'une légère pellicule de graisse due à *Oïdium lactis* = *Geotrichum candidum*, flore prédominante de surface du Pont l'Evêque dit "fleuri". On favorisera le développement de cette flore en stockant les fromages pendant 24 heures suivant le jour de fabrication à une température de 16 à 27°C.

d) Salage

(1) Pratique

Les fromages seront salés 48 à 72 heures après le jour de la fabrication. Le salage des fromages est réalisé en saumure dans des bacs de 500 à

2.000 litres. Le temps de saumure est d'environ 50 minutes. On vérifie périodiquement la densité de la saumure variant de 1.180 à 1.200. Son acidité est voisine de 60° Dornic.

Le saloir a une température de 13 à 15°C. Après salage, les fromages sont démoulés, retournés et posés préférentiellement sur des stores, le fromage trop tendre serait marqué par les fils métalliques des claies.

(2) Rôle du sel

Outre son rôle dans les qualités organoleptiques du fromage, le sel provoque un drainage accru du lactosérum dans la pâte et parachève l'égouttage, favorise la formation de la croûte. L'humidité du fromage passe en effet de 53-57 % à 48-52 % après salage.

Il sélectionne les espèces bactériennes et permet de contrôler la croissance de *Geotrichum candidum* fortement protéolytique.

Le sel également pénètre peu à peu à l'intérieur du fromage, mais cette pénétration ne s'arrête pas à l'égalité des salures entre le coeur et la partie corticale. L'intérieur est plus salé que l'extérieur du fromage. D'après HUREL et MOCQUOT, dans le Pont l'Evêque, l'inversion des salures se produit régulièrement entre le 3e et le 4e jour après salage, et c'est à ce moment que l'on observe une reprise de *Geotrichum candidum*.

e) Affinage

(1) Définition

L'affinage est l'ensemble des processus enzymatiques qui entraînent la dégradation du caillé égoutté et la libération de substances sapides et odorantes avec une modification de la texture de la pâte due principalement à la protéolyse.

Cette maturation est réalisée par les enzymes de micro-organismes tels que des ferments lactiques, *Geotrichum candidum*, des microcoques, des levures et des ferments du rouge.

(2) Réalisation pratique

Les fromages sont stockés en hâloirs ou la température est de 13 à 14°C et l'hygrométrie de 94 à 98. Dans cette ambiance, la croûte se sèche très lentement et l'*Oïdium lactis* = *Geotrichum candidum* donnant un aspect gras sur une croûte humide, la surface du fromage commence à jaunir.

Après le 7e jour, les fromages sont retournés et le store est supprimé. A ce stade, le fromage s'est raffermi et légèrement desséché. Au fil des jours, il retrouvera une texture plus souple. Le léger dessèchement du fromage freine le développement des bactéries de surface.

Sur la croûte des fromages, des ferments du rouge tels que *Brevibacterium linens*, *Torula* et des microcoques accompagent l'*Oïdium lactis*. Le développement de ces bactéries reste limité jusqu'au lavage des fromages qui a lieu vers le 7e au 10e jour avec de l'eau potable. Le lavage se fait par arrosage des fromages et brossage des deux grandes faces.

Le plus souvent, les fromages sont ensuite stockés dans d'autres hâloirs où la température est un peu plus élevée : 14-15°C. L'humidité apportée en surface va favoriser le développement des bactéries de surface. Ainsi, deux à trois jours après le lavage, on peut constater l'apparition d'une morge rougissante à la surface du fromage.

Un fromage ayant subi plusieurs lavages aura un aspect plus emmorgé et une teinte plus rouge : on pourra par exemple remarquer un développement en surface plus important de *Brevibacterium linens* en lavant les fromages avec une eau salée à 10 g/l.

Selon le type de Pont l'Evêque désiré, "fleuri" ou "bactérien", on favorisera l'implantation :

- de l'*Oïdium lactis* pour le Pont l'Evêque dit "fleuri" qui présentera une couleur jaune-rouge et une morge peu abondante en surface ;
- des ferments du rouge pour le Pont l'Evêque dit "bactérien", fromage ayant subi au moins deux lavages avec de l'eau salée à une température d'affinage se rapprochant de 15°C.

Vers le 15e jour, les fromages sont emballés et poursuivent leur affinage en boîte. Le stockage se fait le plus souvent à basse température vers 7 à 9°C. Selon la demande sur le marché, il pourra durer une, deux ou trois semaines.

(3) Mécanisme intime de l'affinage

Dans un premier temps, les bactéries lactiques mésophiles homofermentaires telles que *Streptococcus cremoris*, *S. lactis* et *S. diacetilactis* vont transformer le lactose en acide lactique (90 %) et en produits secondaires : acétates, alcools, CO_2, diacétyle, acétaldéhyde. La production d'acide est plus forte en phase stationnaire qu'en phase de croissance des bactéries.

D'après HUREL et MOCQUOT, la teneur en acide lactique du Pont l'Evêque vers le 3e jour varie entre 14 et 28 g pour 1.000 g d'eau et cette quantité diminue ensuite constamment, consommée au fur et à mesure par la flore superficielle. Parallèlement, le pH du coeur du fromage diminue progressivement (au décaillage, le caillé du Pont l'Evêque est pratiquement neutre) pour devenir minimum vers 5,5 au bout de trois à quatre jours. A remarquer que cette acidification de la pâte est relativement faible à cause du pouvoir tampon des sels de calcium. L'activité protéolytique et lipolytique des ferments lactiques mésophiles bien qu'existante reste faible.

Par contre, la présure, dont la dose initiale est importante, décompose partiellement la caséine en peptides pouvant être à l'origine de goût amer. Cette peptonisation se fait principalement sur la caséine alpha et dure tout au long de l'affinage. Les peptides formés sont repris par les peptidases microbiennes.

La libération d'acide lactique et de lactates va permettre la croissance d'une flore acidophile principalement composée de *Geotrichum candidum* et de levures.

— *Geotrichum candidum* (bien étudié par GUEGUEN), dont les colonies sont plates, blanc crème, d'extension rapide et d'odeur fruitée agréable, appartient à la classe des *fungi imperfecti*, champignons imparfaits. Il est sensible à l'aération, utilise bien la lysine et l'arginine, sa croissance est stimulée par des extraits de levures. Il est sensible au sel. Sa croissance est inhibée totalement par une teneur de 5 %. Son activité protéolytique se traduit par une peptonisation de la caséine. Son activité lipolytique donne lieu à la formation de plusieurs acides gras : butyrique, caproïque et caprylique. *Geotrichum candidum* agit toujours en symbiose avec les levures.

— Les levures, en consommant l'acide lactique, ont une action neutralisante. Elles ont une activité endopeptidasique assez faible qui agit cependant sur la texture de la pâte et remédient éventuellement au goût d'amertume. elles sont à l'origine de la formation de nombreux composés volatils qui interviennent dans la constitution de l'arôme. Enfin, elles facilitent le développement des ferments du rouge.

— Les ferments du rouge sont constitués par des bactéries du type *Brevibacterium linens* agissant en symbiose avec certaines levures pour produire le "rouge" en surface. *Brevibacterium linens* demande un pH supérieur ou égal à 6 ; la pigmentation rouge orangé est favorisée par les milieux peptonisés. Les conditions de pH sont facilement réalisées à la surface pour son développement grâce à *Geotrichum candidum* et aux levures. Son activité protéolytique est intense et centripète grâce à des exo- et endopeptidases. Son activité lipolytique est due essentiellement à des lipases et des estérases.

Parallèlement à la protéolyse et la lipolyse centripète, le pH au coeur du Pont l'Evêque remonte lentement pour parvenir entre 7 et 7,3 lors d'un affinage à coeur.

(4) Substances responsables de l'arôme du Pont l'Evêque

De très nombreux produits de dégradation vont concourir à la constitution de l'arôme du Pont l'Evêque.

— Acides gras libres

D'après les études de ADDA et DUMONT, les acides gras provenant de la lipolyse ont de 4 à 20 atomes de carbone. Toutefois, la lipolyse n'explique pas l'origine de tous les acides gras libres. A côté des acides butyrique et hexanoïque dont la présence est rattachée à la lipolyse, ont été isolés dans le Pont l'Evêque les acides acétique, propionique, isobutyrique, isovalérique et isocaproïque. Les teneurs suivant les échantillons sont sensiblement différentes. Par KUZDZAL SAVOIE et KUZDZAL, sur un échantillon présentant un goût qualifié "assez bon", ont été isolés en mg pour 100 g de fromage humide :

- Acide acétique..... 16,5 mg
- Acide propionique et isobutyrique... 28,0 mg
- Acide butyrique..... 5,3 mg
- Acide isovalérique..... 17,0 mg
- Acide isocaproïque..... 3,5 mg
- Acide caproïque..... 3,0 mg

soit un total de 73,3 mg pour 100 g de fromage humide.

En comparaison avec d'autres fromages, les acides isovalérique et isocaproïque dans le Pont l'Evêque représentent une part essentielle dans les acides gras volatils. Il est cependant difficile d'évaluer la part relative des acides gras volatils dans la constitution de l'arôme du Pont l'Evêque.

— Composés neutres volatils

Ces composés neutres volatils ont été identifiés par spectrométrie de masse par DUMONT, ROGER et ADDA sur Pont l'Evêque à croûte lavée.

(i) Alcools

Parmi les alcools primaires en quantité importante, le propanol, le 3-méthyl-1-butanol, 2-phényl-éthanol puis l'éthanol, le butanol, le 2-méthyl-1-propanol et hexanol. Parmi les alcools secondaires, surtout le 2-butanol.

(ii) Cétones

Surtout l'acétophénone puis 2-butanone, 2-heptanone et 2 nonanone.

(iii) Esters

Principalement acétate d'éthyle puis propanoate d'éthyle, hexanoate d'éthyle, octanoate d'éthyle, et β phényl-éthyl acétate.

(iv) Phénols

Beaucoup de phénol a été isolé puis des traces de crésol.

(v) Composés soufrés

Disulfure de méthyle puis à l'état de traces du méthane thiolacétate, du méthanethiolpropanoate et 2-3-4 trithiopentane.

(vi) Hydrocarbures

Du benzène, du toluène et xylène sont à l'état de traces.

(vii) Divers

Beaucoup d'indole, puis du diméthylphtalate et du phtalate d'éthyle.

En plus, DUMONT, DEGAS et ADDA ont pu isoler 123 composés quantitativement mineurs (voir tableau ci-contre).

En résumé, les produits les plus importants semblent être le 2-méthyl-1 propanol, le 3-méthyl-1 butanol, le 2-phényléthanol (odeur de rose en parfumerie), puis le phénol et l'indole. Ce dernier possède une odeur plaisante à faible dilution mais à plus forte concentration, une note d'amertume caractéristique.

— Les acides aminés

La teneur et la nature des acides aminés d'un fromage dépendent des dégradations, des synthèses et des nombreuses activités enzymatiques qui se sont succédées au cours de la maturation. Les taux en acides aminés sont différents dans la caséine et le fromage : LENOIR a montré que ces différences sont le fait d'assimilations, d'excrétions ou de lyses bactériennes et aussi de remaniements secondaires des acides aminés.

Ainsi, les acides aminés ne sont pas que les produits finaux de la dégradation des protéines, mais ils constituent au contraire des intermédiaires indispensables dans la production de la saveur et de l'arôme. Ce sont enfin des précurseurs d'arômes à l'origine de la formation de nouveaux composants : acides, aldéhydes, cétones, composés soufrés volatils.

— Les amines

Les amines volatiles ou non volatiles sont très nombreuses dans les fromages à pâte molle. Il a été isolé dans le Pont l'Evêque à croûte lavée (30 jours) 0,14 mg/g de tyramine. Parmi les amines non volatiles, ont été détectées l'histamine (83 µg/g par JACQUET et LENOIR), la cadavérine, la putrescine et l'ornithine.

L'AROME DU PONT L'EVEQUE

Constituants volatils quantitativement mineurs

(d'après DUMONT, DEGAS & ADDA)

Alcools	méthanol, propanol, butanol, 2 méthyl 1 propanol, pentanol, 3 méthyl 1 butanol, hexanol, 2 phényl éthanol, 2 butanol, 2 pentanol, 2 heptanol, 2 nonanol, 2 undecanol, 2 phényl-éthane 2-ol, isobornéol α terpinéol
Esters	formiate de butyle, d'isoamyle, de 2 butanol, acétate d'éthyle, de propyle, de butyle, d'isoamyle, de phényléthyle de 2 butanol, propanoate d'éthyle, de phényléthyle, butyrate d'éthyle, de propyle, d'isoamyle, de 2 butanol, octanoate de méthyle, d'éthyle, d'isoamyle, de 2 butanol, decanoate de méthyle, d'éthyle, dodécanoate de méthyle.
Cétones	2 butanone, 2 pentanone, 2 hexanone, 2 heptanone, 2 octanone, 2 noanone, 2 décanone, 2 undécanone, 2 dodécanone, 2 tri-decanone acétophénone, 1 phényl 2 propanone, 4 méthyl 3 penten 2-one, 1 hydroxy 2 propanone.
Aldéhydes	acétaldéhyde, benzaldéhyde, 2 buténal, 2 penténal.
Acétals	diéthoxyéthane, éthoxy propoxyéthane, acétal M = 132, éthoxy-butoxyéthane, éthoxypentoxyéthane, acétal M = 174, éthoxy-hexoéthane, acétal M = 188, dibutoxyéthane, éthoxyphénoxy-éthane.
Hydrocarbures	hexane, méthyloctane, méthyldécane, undécane, pentaméthyl-heptane, dodécane, tridécane, tétradécane, dodecène, benzène, toluène, xylène, éthylbenzène, méthyléthylbenzène, méthyl-isopropyl benzène, naphtalène, méthylnaphtalène, trinomène, α pinène.
Composés soufrés	méthanethiol acétate, propanoate, butyrate, isovalérate, hexanoate, octanoate, decanoate, disulfure de méthyle, tri-sulfure de méthyle, benzothiazole, méthylthiobenzothiazole, méthyléthylsulfonate, méthyléthanethiosulfonate, non iden-tifié (m/e 43, 71, 41, 27, 118, 75).
Phénols et dérivés	phénol, crésol, éthylphénol, propylphénol, phénylacétate, phénylbutyrate, phénylvalérate, non identifié (M = 164).
Composés chlorés	chlorure de méthyle, chlorure de méthylène, chlorobenzène, dichlorobenzène, trichlorobenzène.
Hétérocycles	indole, méthylindole, hexylfurane.
Ethers	méthoxylbenzène (anisole), méthoxypropénylbenzène (anéthole).

CONCLUSION

La fabrication fermière et traditionnelle du Pont l'Evêque garde encore un caractère empirique. Les fabrications varient suivant la saison, l'alimentation des vaches laitières, les conditions atmosphériques, les conditions de température et d'hygrométrie aux différentes étapes de la fabrication.

Par contre, la fabrication industrielle, par la standardisation, la pasteurisation du lait, le contrôle permanent des levains, de la température et de l'hygrométrie des salles d'une part, par la mécanisation poussée lors de l'emprésurage, du moulage et de l'égouttage d'autre part, aspire à un produit fini homogène et de qualité constante. Cependant, quelques aléas subsistent parfois et sont à l'origine d'écarts sensibles parmi les fabrications : variations brusques de conditions atmosphériques, hétérogénéité des laits traités par leur provenance et leur qualité bactériologique.

TROISIEME PARTIE

PRESENTATION - COMMERCIALISATION - EXPORTATION

I. - PRESENTATION

1. Contrôles

a) Contrôle d'origine

L'appellation d'origine peut à tout moment être remise en question par les contrôleurs syndicaux chargés de veiller à la constance des qualités qu'elle implique. Une fois tous les deux mois au moins, un contrôleur syndical, détaché auprès du syndicat par le Service de la Répression des Fraudes et du Contrôle de la Qualité, se rend sans préavis dans les usines. Il vérifie si la totalité du stock des fromages à diffuser est conforme aux normes d'origine. Ce contrôleur a accès à tous les locaux où la fabrication, la circulation, l'entrepôt et la vente sont effectués.

b) Contrôle de la qualité

Le contrôle de la qualité s'exerce et s'ordonnance sous la responsabilité d'une commission de contrôle, officialisée par décret. Elle est présidée par un représentant professionnel et est composée de l'ingénieur général du Génie Rural, des Eaux et Forêts de Région, de l'inspecteur divisionnaire du Service de la Répression des Fraudes et du Contrôle de la Qualité et de deux professionnels. Elle est assistée d'experts professionnels et de conseillers techniques.

La commission fait contrôler la composition chimique des produits par le laboratoire agréé du Centre Interprofessionnel Laitier du Calvados. La quantité d'extrait sec et le pourcentage de matières grasses sont vérifiés.

La commission fait également procéder au contrôle de la qualité organoleptique par une commission de dégustation composée de deux experts et de trois ou quatre fromagers. L'inspecteur divisionnaire fait partie de droit de cette commission de dégustation. Cet examen organoleptique est fait selon un barême tenant compte de la forme, de l'aspect, de la pâte et du goût des fromages, entraînant le refus ou l'acceptation des Pont l'Evêque (voir tableau ci-dessous).

Chapitres	Maximum	Minimum	Qualités	Défauts
FORME	3	2	Arêtes nettes Faces latérales et surfaces planes et parallèles	Faces latérales convexes Surfaces bombées ou concaves Faces non parallèles (un fromage visiblement gonflé reçoit 0 ou 1)
ASPECT	5	3	Faces légèrement ridées à fleur fine et blanchâtre répandue de façon uniforme ou faces uniformément colorées de teinte orangée à rougeâtre et légèrement ridées	Faces très ridées Sillons très profonds Peau fissurée Taches importantes de couleur Moisissures anormales très répandues
PATE	7	4	Souple et élastique non collante, non coulante Couleur jaune uniforme dans la partie affinée	Sèche, cassante, dure, collante, coulante Coulure sous croûte Très nombreux trous de fermentation Moisissures internes
GOUT	15	10	Franc, spécifique, ne rappelant pas celui d'autres fromages	Amer, trop salé, ammoniacal, putride, piquant, rance, goût de savon
			La note 10 correspond à un fromage sans qualité ou sans défaut	

Toute note dans un chapitre donné inférieure au minimum indiqué entraîne la mention "non conforme".

En outre, le total des notes classe les fromages selon l'échelle suivante :

19 et au-dessus : CONFORME
moins de 19 : NON CONFORME

L'attention du fabricant sera spécialement attirée lorsque ses échantillons auront obtenu une note entre 19 et 22.

2. Composition et valeur nutritive

Tous les fromages constituent des aliments de type protidique plus concentrés que la sécrétion lactée. Ainsi, 100 grammes de fromage fournissent environ 300 calories, c'est-à-dire autant qu'un demi-litre de lait ou 250 grammes de viande.

Par le caractère à prédominance présure de son caillé et le pH élevé de sa pâte, le Pont l'Evêque a en particulier des teneurs en calcium et en phosphore élevées comparativement à des fromages à pâte plus acide.

Sur le plan protidique, la valeur biologique des fromages reste peu différente de celle de la viande. Le coefficient d'utilisation digestif est variable de 97 % à 100 %. La proportion non négligeable d'oligopeptides et d'acides aminés due à l'affinage concourt à cette digestibilité remarquable.

En outre, dans les laits de Normandie, la proportion d'acides gras à bas point de fusion parmi les matières grasses est plus grande que dans ceux d'autres régions, ce qui, pour le Pont l'Evêque, au point de vue diététique, n'est pas négligeable.

Enfin, les teneurs en vitamines, particulièrement du groupe B, sont augmentées par rapport au lait cru (voir tableau p. 30).

Ainsi, comme tous les autres fromages à pâte molle, le Pont l'Evêque couvre une partie non négligeable de nos besoins alimentaires :

TENEUR DU LAIT ET DES FROMAGES EN VITAMINES POUR 100 GRAMMES

	Lait cru	Pâtes molles (type Camembert)
Axérophtol (µg)	45	200 - 300
Calciférol (µg)	0,05	-
Tocophérol α (µg)	0,09	-
Thiamine (µg)	40	60 - 90 { 300 - 600 S* / 50 - 80 I*
Riboflavine (µg)	75	500 - 800 { 700 - 1.200 S / 300 - 500 I
Niacine (µg)	80	700 - 900 { 2.000 S / 350 I
Acide panthoténique (µg)	350	500 - 800 { 1.200 S / 100 I
Biotine (µg)	2	5 - 6 { 30 S / 2,5 I
Pyridoxine (µg)	35	150 - 300 { 500 S / 150 I
Cobalamine (µg)	0,5	0,9 - 2
Acide folique (µg)	0,1 - 0,3	{ 200 - 500 S / 50 - 70 I
Acide folinique (µg)	-	40 - 60
Acide ascorbique	2	0,4

* S = Surface
I = Intérieur du fromage

(d'après JACQUET et LENOIR, 1969)

Pourcentage de besoins alimentaires couverts par l'ingestion de 100 grammes de fromage à pâte molle

Calories.....	8 - 12
Protides.....	30 - 40
Calcium.....	30 - 40
Phosphore.....	12 - 20
Axérophtol.....	15 - 20
Riboflavine.....	30 - 50

(d'après JACQUET et LENOIR, 1969)

3. Pont l'Evêque "fleuri" et Pont l'Evêque "bactérien"

Au cours de la fabrication, la présence ou l'absence de lavages aboutit à deux présentations sensiblement différentes du fromage à la vente :

— Lorsqu'il a subi au moins deux lavages à l'eau salée, l'apparition d'une abondante flore de surface, en particulier des ferments du rouge allophiles, donne au fromage une couleur plus rouge et une morge abondante en surface. Il est dit "bactérien". Il se caractérise par une odeur ammoniacale prononcée due à la forte protéolyse réalisée par les ferments du rouge.

— Au contraire, sans lavages à l'eau salée, le développement de *Geotrichum candidum* est moins inhibé, le fromage a une couleur jaune-rouge et une morge peu abondante en surface. Il est dit "fleuri". Il convient mieux aux consommateurs préférant un goût et une odeur moins forts.

II. - COMMERCIALISATION

1. Volume de la production

Au 31 décembre 1979, le syndicat comportait 11 adhérents fabriquant du Pont l'Evêque dont :

- 2 coopératives,
- 5 industriels privés,
- 4 producteurs fermiers.

La fabrication totale des adhérents peut être évaluée en 1979 à 8.130.714 unités (Pont l'Evêque entiers) contre 8.548.076 unités en 1978, soit une baisse de 4,88 %.

De 1975 à 1979, on note une baisse sensible (environ 15 %) du volume total de production, baisse dont les causes restent à déterminer.

La production suivant les catégories se répartissait ainsi en 1979 : voir tableau page 33.

2. Commercialisation et conservation

L'emballage chez le fabricant s'effectue vers le 15e jour après la date de fabrication, l'affinage se poursuivant en boîte.

Les recommandations au sujet de la conservation du Pont l'Evêque chez les grossistes, les dépositaires puis au magasin sont identiques à celles préconisées pour les fromages à pâte molle en général : une température variant de 5 à 8°C, un degré hygrométrique compris entre 80 et 85 % avec une ventilation modérée sont les conditions favorables à la poursuite d'un bon affinage.

Le consommateur chez lui obtiendra une conservation optimale du fromage, soit en le plaçant dans un endroit frais et aéré, soit dans le réfrigérateur, enveloppé dans des sachets en matière plastique ou mieux dans un papier métallique.

Quel que soit le stade du circuit commercial, toute variation brusque et prolongée de température et de degré hygrométrique sera préjudiciable à un bon affinage et à une bonne conservation du fromage.

III. - EXPORTATION

L'exportation de tout produit laitier est soumise à certaines normes internationales. Vu le faible volume de l'exportation et la similitude des problèmes posés avec les autres fromages à pâte molle, nous en évoquerons brièvement quelques uns.

Catégories	1979 (unités)	Conservation sur la base 1 PETIT PL = 2/3 PL 1 DEMI PL = 1/2 L	% fabrication totale	Evolution par rapport à 1978
PONT L'EVEQUE 105 à 115 mm de côté 140 grammes d'extrait sec minimum	4.141.347	4.141.347	50,93 %	- 3,37 %
PETIT PONT L'EVEQUE 85 à 95 mm de côté 85 grammes d'extrait sec minimum	5.019.770	3.346.513	41,16 %	- 5,62 %
DEMI PONT L'EVEQUE 105 à 115 mm x 52 à 57 mm 70 grammes d'extrait sec minimum	1.285.709	642.854	7,91 %	- 10,25 %
TOTAL	10.446.826	8.130.714	100,00 %	- 4,88 %

1. Volume de l'exportation

La part de l'exportation reste toujours inférieure à 1 % de la production totale et on dénote de plus ces dernières années une tendance à la baisse.

Catégories		Nombre (unités)	% en unités par rapport à chaque catégorie	Poids (kg)
PONT L'EVEQUE	Année 1978	91.589	2,14 %	31.140,26
	Année 1979	52.738	1,27 %	17.930,92
PETIT PONT L'EVEQUE	Année 1978	187.127	3,52 %	41.167,94
	Année 1979	84.985	1,69 %	18.696,70
DEMI PONT L'EVEQUE	Année 1978	48.072	3,36 %	7.691,52
	Année 1979	53.905	4,19 %	8.624,80

2. Les pesticides

a) Définition

On regroupe sous ce vocable des produits destinés aux traitements des maladies parasitaires des animaux ou des végétaux, fongicides ou insecticides. Ils se trouvent sous forme de résidus dans le lait et sont toxiques pour le consommateur.

b) Produits recherchés

Parmi les organochlorés qui sont les polluants les plus persistants, on recherche habituellement les produits suivants : Hexachlorobenzène (HCB), Hexachlorocyclohexane (α, β, γ), Heptachlore, Dieldrine, Dichlorodiphenyl trichloroéthane (DDT), Dichlorodiphényl dichloroéthane (DDD) et les polychlorodiphényls (PCB).

c) Evolution de la contamination

Les problèmes des résidus des produits organochlorés ont atteint leur apogée au cours des années 1970 à 1972. La mise en application de nombreux arrêtés et lois réglementant ou interdisant l'utilisation des organochlorés a permis de réduire sensiblement la contamination des laits et des produits laitiers.

En 1979, une étude circulaire interlaboratoire donnait les résultats suivants :

MOYENNES DES RESULTATS (en mg/kg M.G.) DES LABORATOIRES

	Moyennes*	Ecarts types
Hexachlorobenzène (7 échantillons de fromages)	0,0520	0,0102
α Hexachlorocyclohexane (7 échantillons)	0,0617	0,0241
β Hexachlorocyclohexane (7 échantillons)	0,0642	0,0334
γ Hexachlorocyclohexane (8 échantillons)	0,0267	0,0058
Heptachlore époxyde (8 échantillons)	0,0981	0,0170
Dieldrine (7 échantillons)	0,1596	0,0263
pp D.D.T. (8 échantillons)	0,1414	0,0415
pp D.D.D. (5 échantillons)	0,0653	0,0270
pp D.D.E. (8 échantillons)	0,0750	0,0127
op D.D.T. (8 échantillons)	0,0535	0,0290

* Valeurs aberrantes exclues

Quant aux P.C.B.s, ce sont des polluants d'origine industrielle. Leur toxicité aiguë est faible et leurs effets sont cumulatifs lors d'administration prolongée surtout au niveau hépatique. Selon des études faites par LUQUET et al., la contamination moyenne sur la France est en baisse et en particulier en Normandie, elle est négligeable avec des moyennes toujours inférieures à 1 ppm. L'application de l'arrêté du 8 juillet 1975 réglementant l'utilisation des P.C.B.s semble être à l'origine de cette baisse.

3. Les aflatoxines

Les aflatoxines A et B sont des mycotoxines produites principalement par *Aspergillus flavius*. Au point de vue chimique, elles ont une configuration triterpénique. La mise en évidence de leur rôle cancérigène, par effet cumulatif et par action sous forme d'agent intercalant dans la molécule d'A.D.N., a entraîné la parution de mesures réglementaires concernant la vente des tourteaux d'arachide, notamment : Décret du J.O. 5 octobre 1981. Sur le plan métabolique, les aflatoxines sont transformées par les vaches laitières en aflatoxines B_1 et M_1.

Qu'en est-il pour les fromages ? Une enquête récente portant sur 40 établissements laitiers de Basse Normandie et sur une centaine d'échantillons de fromages de type Camembert a été effectuée par CORBION et FREMY. Elle donne les résultats suivants : l'aflatoxine B_1 n'a jamais été isolée, l'aflatoxine M_1 n'a été décelée que dans un seul échantillon à l'état de traces. La détection de cette dernière est en outre plus délicate.

Si ces résultats ne sont pas *a priori* alarmants, la contamination des fromages à pâte molle par les aflatoxines reste cependant un problème d'actualité susceptible de nuire à leur exportation.

4. Problèmes bactériologiques

Les problèmes bactériologiques pour l'exportation des Pont l'Evêque sont identiques à ceux des autres fromages à pâte molle. Rappelons brièvement

les normes exigées sur les prélèvements effectués sur des séries de onze fromages.

— Coliformes

La teneur en germes coliformes doit être inférieure à 100 germes par gramme. Il existe cependant quelques tolérances moins larges pour les U.S.A. et le Canada.

La réaction pour les sérotypes des coliformes entéropathogènes doit être négative.

— Staphylocoques

Les fromages seront conformes si sur 5 échantillons, 4 au moins ont une teneur inférieure à 1.000 germes par gramme et 1 au plus contient 1.000 à 10.000 germes, et si aucun ne contient plus de 10.000 germes.

— *Salmonella - Shigella*

Absence totale exigée.

L'agrément à l'exportation est demandé par l'usine et est accordé au terme de trois contrôles consécutifs conformes. Les normes sont plus sévères et plus strictes pour les U.S.A. et le Canada.

La survie dans les fromages à pâte molle des salmonelles et des staphylocoques dépend essentiellement de l'acidification du caillé. En effet, dans les fromages à acidification suffisante et correcte, les germes pathogènes ne se multiplient pas et leur nombre tend à diminuer au cours de l'affinage. Au contraire, lors d'un mauvais égouttage et d'une acidification insuffisante, les staphylocoques peuvent se multiplier.

Quant aux germes coliformes, leur multiplication est à l'origine du gonflement précoce, un des plus graves incidents et défauts que nous décrirons dans la dernière partie de notre étude.

QUATRIEME PARTIE

INCIDENTS ET DEFAUTS

Les Pont l'Evêque peuvent présenter de nombreux défauts, soit en tant que produits finis, soit même parfois avant l'affinage. Nous regrouperons ces incidents en quatre rubriques suivant qu'ils affectent principalement la forme, l'aspect superficiel, la pâte ou le goût du fromage. Certains rendront le fromage non conforme à la vente, d'autres n'auront qu'une petite répercussion sur sa présentation. Ces incidents et défauts sont dus en grande partie soit à la qualité du lait au départ, soit à des écarts sensibles dans la technologie de fabrication accompagnés d'un manque d'hygiène.

I. - DEFAUTS DE FORME

1. Faces latérales convexes

Les Pont l'Evêque sont le siège de gonflements et présentent des faces latérales convexes soit précocement soit tardivement.

a) Le gonflement précoce : la flore coliforme

Le gonflement précoce est dû à la présence d'une population trop élevée de germes coliformes dans le lait. Ces germes résultent soit d'une hygiène insuffisante lors de la traite (contamination fécale), soit surtout de l'administration d'antibiotiques, lors de mammite clinique, à la vache laitière.

(1) Description du fromage

Dans le moule, la rétraction du caillé se fait mal, le fromage apparaît boursouflé et gonflé, prend l'aspect d'une éponge molle gorgée d'eau. A la percussion de la main, le fromage "résonne". A l'affinage, une ou deux des faces latérales sont bombées et, lors de la section, la pâte est parsemée de multiples trous.

(2) Causes de l'accident

La présence d'antibiotiques dans le lait des vaches sous traitement ou dans les laits de mélange inhibe l'intense prolifération des ferments lactiques et déplace l'équilibre de la flore microbienne en faveur des coliformes plus résistants. Ceux-ci trouvent un milieu de développement très favorable dans le caillé et fermentent le lactose en produisant de l'hydrogène et du gaz carbonique à l'origine des multiples trous et du gonflement des fromages.

(3) Fréquence

Au début de l'emploi de la pénicilline, la sensibilité des ferments lactiques était très forte et les accidents étaient nombreux et spectaculaires. Leur fréquence a nettement décru à cause de l'adaptation, par mutation ou sélection de la flore lactique à la pénicilline. Cependant, vu l'emploi actuel d'un nombre toujours croissant d'antibiotiques, l'urgence d'une réglementation stricte s'est fait sentir.

(4) Prophylaxie

- A la ferme

Une hygiène de la traite irréprochable évitera la contamination fécale des laits livrés et limitera la population de coliformes au minimum.

D'autre part, en application de la loi sur la pharmacie vétérinaire (29 mai 1975) et des conditions d'obtention d'une autorisation de mise sur le marché (A.M.M.) pour chaque médicament vétérinaire, les laboratoires pharmaceutiques sont tenus de fournir à l'administration un temps d'attente, c'est-à-dire, selon la loi :

"Le délai à observer entre l'administration du médicament à l'animal dans les conditions normales d'emploi et l'utilisation des denrées alimentaires provenant de cet animal pour garantir que ces denrées alimentaires ne contiennent pas de résidus pouvant présenter des dangers pour la santé du consommateur".

(Art. L 617 12 C.S.P.)

La mise en place du "temps d'attente" permet ainsi actuellement à l'éleveur de livrer aux fromageries un lait dépourvu ou presque de résidus d'antibiotiques.

— En fromagerie

Plusieurs méthodes sont à envisager pour lutter contre les coliformes à ce niveau :

(i) Détection des résidus d'antibiotiques et des sulfamides

Selon les instructions du C.N.E.R.N.A., les épreuves de détection des antibiotiques doivent être faites le plus tôt possible après l'arrivée des échantillons. Elles sont faites au moins deux fois par mois sur le lait de chaque producteur.

• Méthode d'acidification

L'échantillon est préalablement chauffé afin de réduire au maximum la flore microbienne et de détruire les inhibiteurs naturels. Il est ensuite ensemencé avec une souche de *Streptococcus thermophilus* sensible aux antibiotiques, et en présence de triméthoprime, aux sulfamides ; l'addition d'extraits de levure permet d'accélérer la croissance de l'organisme test. Après incubation, la production d'acide révélé par un indicateur de pH est comparée à celle d'une culture témoin préparée à partir de lait exempt d'antibiotiques. En présence d'antibiotiques ou de sulfamides, la production d'acide de l'organisme test est ralentie ou complètement inhibée.

Si le lait examiné est bleu, le résultat est considéré comme positif. L'échantillon de lait contient en principe un inhibiteur : antibiotique, sulfamide, antiseptique à dose élevée.

Si le lait examiné est jaune, le résultat est considéré comme négatif.

Si le lait présente une coloration intermédiaire, on procède aux trois épreuves de confirmation ci-après.

Cette méthode détecte principalement les pénicillines, les tétracyclines le chloramphénicol, l'érythromycine et les sulfamides.

• Première méthode de confirmation

Il s'agit de la méthode de diffusion en gélose utilisant *Bacillus stearothermophilus var. calidolactis* (Méthode GALESLOOT et HASSING).

Un disque de papier filtre imprégné de lait est placé à la surface d'un milieu gélosé inoculé avec des cellules végétatives de *Bacillus stearothermophilus*. Au cours de l'incubation, les antibiotiques éventuellement présents dans le lait diffusent dans la gélose et inhibent la croissance de l'organisme test. Il en résulte la formation d'une zone d'inhibition dont le diamètre varie avec la nature et la concentration des antibiotiques présents. On considère comme positifs et contenant des antibiotiques les échantillons donnant des zones d'inhibition d'au moins 10 mm de diamètre. Cette méthode permet de détecter plus particulièrement les pénicillines et les tétracyclines.

• Deuxième méthode de confirmation

Méthode de diffusion en gélose utilisant *Bacillus subtilis*.

Le principe et l'interprétation des résultats sont identiques à ceux de la méthode précédente. Elle permet de détecter les aminosides (streptomycine, néomycine, kanamycine) et les macrolides (érythromycine, spiramycine).

• Troisième méthode de confirmation

Méthode de diffusion en gélose utilisant *Bacillus megaterium*.

Cette méthode permet de détecter les sulfamides et la plupart des antibiotiques, en particulier le chloramphenicol.

(ii) Pasteurisation

La pasteurisation consistant le plus souvent en un chauffage vers 73°C pendant 10 à 15 secondes détruit totalement la flore coliforme mais également une partie de la flore lactique normale du lait. La pasteurisation provoque aussi une précipitation du calcium sous forme de phosphate tricalcique donnant au lait une moindre aptitude à la coagulation.

(iii) Propreté du matériel de laiterie

Que ce soit au niveau des tanks réfrigérants, des citernes de collecte ou du materiel des ateliers de transformation, il doit être procédé à de nombreux lavages avec des solutions alcalines puis acides, rinçages alternatifs à l'eau chaude et à l'eau froide.

(iv) Hygiène du personnel

Les règles élémentaires de propreté vestimentaire et d'hygiène corporelle doivent être respectées par le personnel afin d'éviter toute contamination du lait par la flore coliforme.

b) Le gonflement tardif : la flore thermorésistante

(1) Description

Cet accident grave apparaît tardivement : 15 jours à 3 semaines après la fabrication. Les fromages présentent des faces latérales convexes et, à la coupe, de multiples trous dus à la production intense de gaz (hydrogène et gaz carbonique) et l'acide butyrique. La pâte a un goût désagréable dû à la fermentation butyrique.

(2) Causes de l'accident

— La flore thermorésistante

Les agents responsables sont des germes d'origine tellurique appartenant au genre *Clostridium*. Leurs spores sont thermorésistantes et ne sont pas détruites par la pasteurisation. L'espèce *C. tyrobutyricum* est la plus fréquente et la plus thermorésistante. On peut également rencontrer les espèces *C. butyricum*, *C. saccharobutyricum*, *C. multifermentans*, *C. pasteurianum*.

— Sources de contamination du lait

Les clostridies, à l'état de spores, contaminent facilement tous les fourrages et trouvent surtout un bon milieu de développement dans les ensilages mal préparés : taux de matière sèche trop faible, absence de préfanage, manque d'étanchéité et défaut de tassement, souillures par la terre. Il est à remarquer

que la pluviométrie élevée et bien répartie sur toute l'année dans les zones de production ne permet pas toujours la préparation des ensilages dans d'excellentes conditions.

Les clostridies ne sont pas détruites dans le tractus digestif des bovins et la contamination du lait se fait surtout au cours de la traite par les nombreuses spores présentes dans les fèces. Le seuil critique pour l'apparition de l'accident serait une contamination de l'ordre de 200 spores par litre de lait.

Enfin, le caillé à prédominance présure ne présente pas d'exsudation spontanée et retient la majorité des spores. La sensibilité du Pont l'Evêque au gonflement tardif, par rapport aux autres fromages à pâte molle, en est ainsi accentuée.

(3) Prophylaxie

— A la ferme

• Préparation des ensilages

Pour limiter la population des spores butyriques, il faut que l'ensilage présente les caractéristiques suivantes :

- un taux de matière sèche élevé (35-40 %), taux atteint assez facilement pour l'ensilage de maïs (stade pâteux) et grâce à un préfanage, pour l'ensilage d'herbe et le ray-grass ;
- une absence de souillures par les particules de terre susceptibles de contenir des spores ;
- une étanchéité parfaite et un tassement correct pour limiter la quantité d'oxygène favorable indirectement au développement des spores ;
- une acidification rapide jusqu'à un pH de 4, d'où l'addition fortement conseillée d'acide formique ou propionique comme conservateurs.

• Hygiène de la traite

Un état de propreté satisfaisant des animaux et une hygiène irréprochable de la traite éviteront la contamination du lait par les fèces.

— En fromagerie

• La bactofugation

C'est une centrifugation du lait à environ 10.000 g et à une température d'environ 65°C qui permet d'obtenir une élimination des spores supérieure à 90 %. Elle entraîne cependant une perte de matière première et une dénaturation des protéines lactées. La bactofugation est donc une méthode prophylactique complémentaire et non sans inconvénients. Enfin, vu son coût, elle n'est concevable que lors de fabrication industrielle.

• Les agglutinines

Un nouveau procédé vient d'être proposé par certains auteurs afin d'éliminer du lait les ferments butyriques : on ajoute de la crème au lait d'ensilage. On laisse reposer le mélange pendant au moins 12 heures. On soutire ensuite 85 % du lait qui est envoyé en fabrication. On peut accroître l'efficacité du procédé en ajoutant des produits contenant de fortes quantités d'immunoglobulines.

Conclusion

Bien que le gonflement tardif soit un accident survenant plus fréquemment sur les fromages à pâte cuite, le Pont l'Eveque, par le caractère à prédominance présure de son caillé et vu la réalisation parfois difficile de bons ensilages à cause des conditions climatiques de la province d'origine, est exposé à cet accident grave.

2. Faces latérales concaves

a) Description

Le fromage s'affaisse au centre et la croûte sur le tour est épaisse et crevassée.

b) Causes

Ce défaut de la forme du fromage est dû à un égouttage insuffisant. La proportion d'eau est trop importante. La perte progressive de l'eau dans une

atmosphère relativement sèche provoque une diminution de volume, les faces latérales deviennent concaves.

Tous les facteurs inhibant la fermentation lactique sont à l'origine d'un égouttage insuffisant, à savoir principalement :

- la concentration élevée dans le lait de lacténines, substances inhibitrices des ferments,
- les laits de mammite ou contenant des antibiotiques,
- les laits refroidis : la flore lactique est inhibée au profit de la flore psychrophile,
- la contamination des levains lactiques employés par les bactériophages,
- la température trop basse des salles de moulage et d'égouttage,
- le salage trop précoce.

c) Prophylaxie

Le choix d'un lait propre à la transformation fromagère est primordial. On éliminera tout lait de type alcalin : mammite, fin de lactation, lait de rétention.

Pour éviter la contamination des levains par les bactériophages, on fait appel à de nombreuses souches différentes de levains. En effet, les bactériophages sont très spécifiques et n'attaquent qu'une seule souche dans une espèce. On peut également procéder à une rotation des souches.

II. - DEFAUTS D'ASPECT

1. Faces ridées : maladie de la "graisse"

La maladie de la "graisse" pour le Pont l'Evêque n'est que l'accentuation d'un phénomène normal.

a) Description

Au début de la mise au hâloir, le fromage est recouvert d'une couche gluante et graisseuse. La croûte devient très ridée et circonvolutionnée, se décollant facilement à cause d'une protéolyse sous-jacente, le coeur du fromage restant non affiné.

b) Agent responsable

Nous avons vu que *Geotrichum candidum* fait partie de la flore normale du Pont l'Evêque. Une peu légèrement ridée n'est pas rédhibitoire pour un Pont l'Evêque "fleuri". Cependant, l'excès de développement de *G. candidum* accompagné des levures devient un défaut.

c) Prophylaxie

On contrôlera la croissance de *G. candidum* par un salage précoce et légèrement surdosé. Enfin, une température plus basse à la fin de l'égouttage est conseillée. Le saloir restera à une température voisine de 13 à 14°C.

2. Les tyroglyphes

Les tyroglyphes sont des acariens qui se nourrissent de moisissures à la surface de la croûte des fromages bien affinés. La présence de ces acariens donne aux fromages un aspect poussiéreux et "miteux", le rendant impropre à la vente. On les rencontre le plus souvent sur les fromages de fabrication fermière. Apportés par les papiers et les emballages, on veillera à la désinfection des entrepôts où ils sont stockés.

3. Couleurs anormales

Ces défauts sont le plus souvent dus à l'installation d'une flore anormale à la surface du Pont l'Evêque.

a) Le "Poil de chat" : les Mucorales

(1) Description

A la surface du fromage, on remarque de volumineuses touffes de filaments, longs parfois de plusieurs centimètres, bien dressés et ressemblant à des poils de chat. Leur apparition et leur croissance sont très rapides : souvent moins de 24 heures. Ces touffes de filaments constituent un défaut sévère de présentation pour le fromage et sont parfois à l'origine d'un goût amer désagréable.

(2) Causes

— Agents responsables

Cet accident spectaculaire a pour origine la croissance de champignons appartenant à l'ordre des Mucorales.

Le mode de reproduction des Mucorales est de trois types :

- une reproduction asexuelle qui se fait par l'intermédiaire des sporanges, visibles à l'oeil nu et naissant à l'extrémité des filaments dressés : les sporangiophores. Les spores, libérées par déhiscence des sporanges sont très nombreuses et hygroscopiques : ce sont les myxospores ;

- une reproduction sexuelle qui s'effectue à la suite de la conjugaison de courts rameaux morphologiquement identiques pour former un oeuf ou zygote plurinucléé donnant naissance, après méiose, à des thalles haploïdes ;

- une reproduction végétative grâce aux chlamydospores demeurant en vie ralentie et qui représentent des formes de résistance.

L'espèce *Mucor mucedo* est l'espèce type du genre *Mucor*, mais elle est rarement rencontrée.

Selon DESFLEURS, les espèces le plus souvent en cause sont : *Mucor racemosus*, *M. spinosus*, *M. hiemalis*, *M. fuscus*, *M. globosus*. *Rhizopus nigricans* appartenant au genre *Rhizopus* a été également rencontré.

— Modes de contamination

Plusieurs caractéristiques des *Mucor* permettent de bien comprendre les modes de contamination :

• Les spores des *Mucor* ont une paroi très mouillable, d'où leur transport très facile par l'eau et les vapeurs humides.

• Les spores des *Mucor* germent très vite et les filaments mycéliens croissent très rapidement.

• Les *Mucor*, grâce aux chlamydospores, résistent très longtemps à la chaleur, à la dessiccation et aux antiseptiques.

Les sources de contamination possibles sont donc très nombreuses dans l'usine : eaux de lavage du matériel, débris organiques à l'intérieur ou à l'extérieur de l'usine, lait, sols imprégnés de sérum, etc.

De nombreux facteurs technologiques agissent également sur la croissance et la dissémination des *Mucor*.

Les principaux sont :

- l'humidité ambiante : le *Mucor* demande une hygrométrie élevée (90 à 95 %). On évitera donc dans les saloirs et les hâloirs toute condensation à l'intérieur des locaux, toute humidité des murs, des fenêtres, etc. ;
- l'aération : le *Mucor* ne demande pas beaucoup d'oxygène. Une bonne aération favorisera l'implantation de moisissures concurrentes telles que *Penicillium candidum* ;
- l'humidité du fromage : tout égouttage correct et rapide inhibera la croissance du *Mucor*. On évitera que le caillé arrive dans le hâloir à une température inférieure à celle du local, car la formation d'une condensation superficielle serait favorable à l'absorption des spores contenues dans l'air ambiant ;
- la température élevée dans le saloir et le hâloir favorise le *Mucor*. Ne pas dépasser 15°C au saloir et 13°C au hâloir ;
- le salage supérieur à 1 % est défavorable au *Mucor* ;
- le pH acide, enfin, freine la croissance du *Mucor*.

(3) Moyens de lutte

Outre l'action sur les facteurs technologiques cités plus haut, on pourra agir à différents niveaux pour limiter la contamination par les spores :

- désinfection des claies, stores, sols et murs par des solutions d'hypochlorites suivie d'un séchage soigné ;
- aseptisation des locaux vides, par le formol ;
- contrôle de l'état bactériologique des saumures : bien que les *Mucor* ne se développent pas dans les saumures, les spores peuvent y être présentes ;
- limitation des déplacements et allées et venues du personnel.

Enfin, en période de contamination de *Mucor*, on emploiera surtout l'ensemencement par des souches de *Penicillium candidum spec. Mucor*, connues pour leur action antagoniste très nette. Cet antagonisme résulte de plusieurs caractéristiques des souches de *Penicillium candidum* :

- une forte densité de spores à la surface du caillé,
- une grande rapidité de germination des spores,
- un étalement rapide pour réaliser une couverture précoce du fromage afin d'occuper le terrain avant le *Mucor*.

Conclusion

La fréquence des accidents dus au "Poil de chat" tend à diminuer car de nombreux moyens de lutte et de nombreuses mesures prophylactiques sont aujourd'hui possibles. Enfin, le Pont l'Evêque n'est pas très sensible au "Poil de chat" car le *Geotrichum candidum*, par la "graisse" qu'il produit, est plutôt défavorable au *Mucor*.

b) Taches superficielles bleuâtres ou verdâtres

(1) Description

Il se forme des tâches bleuâtres ou verdâtres de plus ou moins grandes dimensions à la surface du fromage. Cet accident grave, désigné sous le vocable général de "bleu", est dû à de nombreux agents étiologiques appartenant en majeure partie au genre *Penicillium*.

(2) Agents étiologiques

Le genre *Penicillium* est classé par de nombreux auteurs dans la classe des ascomycètes car quelques espèces possèdent un mode de reproduction sexuelle donnant naissance à des ascospores. Cependant, la plupart des *Penicillium* n'ont qu'un mode de propagation asexuelle par la formation de conidies produites par les filaments dressés ramifiés, ayant l'aspect de pinceaux : les conidiophores. Les conidies sont sèches et sont facilement disséminées par l'air et véhiculées par l'eau, le lait, le personnel et les emballages.

DESFLEURS incrimine de nombreux *Penicillium* dans la formation des taches bleuâtres ou verdâtres. Nous citerons principalement :

— *Penicillium glaucum = Penicillium roqueforti*

L'envahissement par ce *Penicillium* était beaucoup plus fréquent il y a une vingtaine d'années et constituait parfois une véritable catastrophe économique. Il une grande tolérance de pH pour son développement. Il demande peu d'oxygène et est utilisé pour les fromages à pâte persillée. La contamination du lait cru peut provenir de l'alimentation à base d'ensilage de maïs, celle du caillé, des stores, du matériel, des locaux, du sel.

— *Penicillium casei* est très voisin du précédent et est souvent confondu avec lui.

– *Penicillium viridicatum*, moisissure bleu-vert, a été isolé par DESFLEURS en 1974, dans trois fromageries différentes sur le Pont l'Evêque. Cette moisissure du sol pousse aussi sur les fruits, les grains (blé et maïs) trop humides. La contamination constatée s'est faite par les emballages (boîtes et cageots).

– *Penicillium brevi compactum*

Il donne des taches vertes sur les fromages. La contamination, apportée par l'air se fait surtout par les stores et par les planches.

– *Penicillium oxalicum, P. chrysogenum, P. meleagrinum, P. notatum, P. cyanefulvum* sont verdâtres et peuvent être également rencontrés.

– *Cladosporium herbarum* appartenant à la classe des *fungi imperfecti* ou champignons imparfaits est de couleur vert-brun. Contrairement aux moisissures précédentes, l'apparition des taches est tardive : vers le 10e jour. Cette moisissure pousse sur de nombreux substrats, est véhiculée par l'air. Elle se trouve surtout dans les gaines d'aération et les ventilateurs.

(3) Prophylaxie et moyens de lutte

Il faut avant tout favoriser la flore normale du Pont l'Evêque afin qu'elle occupe le terrain et évite l'envahissement par les moisissures nuisibles: On peut donc augmenter les doses d'ensemencement. Pour favoriser l'extension de *Geotrichum candidum*, on retarde le salage et facilite l'aération. Sa croissance sera également plus forte à l'obscurité.

Les *Penicillium* nuisibles préfèrent une faible acidité ou la neutralité. Il faudra donc une bonne acidification lactique. Tous les facteurs décrits auparavant, inhibant la fermentation lactique, peuvent donc favoriser l'apparition des taches superficielles. De même, il faudra proscrire tout apport de produits alcalins, en particulier par le sel : la réduction à moins de 1 % d'hydroxycarbonate de magnésium employé pour diminuer le caractère hygroscopique du sel a été une des mesures qui a le plus contribué à la diminution sensible des accidents du "bleu".

Enfin, lors de contamination reconnue, on procèdera aux mesures de nettoyage et de désinfection usuelles :

- du matériel à l'aide de solutions alcalines puis acides avec rinçage à l'eau bouillante puis froide ;

- de tous les locaux, y compris les locaux de stockage des emballages, soit par des solutions d'hypochlorites, soit par le formol lorsqu'ils sont vides ou par la stérilisation de l'atmosphère grâce aux ultraviolets ;

- de la saumure, par filtration, décantation et stérilisation par la vapeur ou les rayons ultraviolets.

c) Taches superficielles de teinte brun-violet

(1) Etiologie

— Fer et plusieurs *Penicillium*

Des taches superficielles de teinte brun-violet peuvent apparaître au cours de l'affinage. Elles ont pour origine principale la réaction du fer avec les composés phénoliques libérés lors de l'affinage normal du Pont l'Evêque : phénol, crésol, éthylphénol, etc.

Cependant, plusieurs *Penicillium* synthétisent des phénols et accentuent le phénomène. Il s'agit principalement de *P. brevicompactum*, *P. aurantio-virens* et *P. funiculosum*.

P. aurantio-virens a un thale vert-gris avec des revers orange-rouge mais dont les produits de sécrétion prennent une teinte brun-pourpre en présence de fer.

P. funiculosum a des colonies vertes avec des revers rouges mais présente souvent une pigmentation rouge violette stimulée par la matière grasse et la lumière. Il pousse bien à basse température. Les couleurs apparaissent le plus souvent en fin d'affinage.

— *Scopulariopsis brevicaulis*

JACQUET et DESFLEURS ont incriminé également *S. brevicaulis* dans la présence de taches brun-marron à violet à la surface principalement des Pont l'Evêque. Cette moisissure fait partie des *Aspergillaceae*, comme les *Penicillium*, et se rencontre sur les fromages affinés. Son pH optimum va de 5 à 9. Ce caractère plutôt neutrophile le prédispose à contaminer le Pont l'Evêque. Il se contente de milieux appauvris et la cellulose, dont le papier et le bois,

constitue un de ses substrats. Une température basse lui convient bien et on le trouve surtout dans les locaux de stockage des emballages.

(2) Prophylaxie

On évitera toute mise en contact du lait et du caillé avec des métaux ferreux (bidons, plaques désétamées) ou eaux ferrugineuses.

Contre les *Penicillium* produisant des phénols, on emploiera les méthodes générales de lutte et de prévention communes aux *Penicillium*.

Contre *Scopulariopsis brevicaulis*, outre les mesures générales telles que l'acidification, la réduction de la vitesse de l'affinage, on diminuera l'emploi de matériaux contenant de la cellulose (claies en inox remplaçant la paille pour l'affinage) et les emballages, bois et papiers, seront entreposés dans des locaux très secs, éloignés des hâloirs, souvent désinfectés avec des solutions formolées.

d) Taches superficielles de teinte jaunâtre

Des taches de teinte jaunâtre peuvent apparaître à la surface des fromages. L'agent responsable le plus fréquent est *Pseudomonas fluorescens*. Nous traiterons plus loin de la prévention de cet accident avec les problèmes posés par la flore psychrophile en général.

e) Taches superficielles de teinte rougeâtre

Des taches rouges à rougeâtres apparaissent parfois à la surface des fromages. Elles sont dues à plusieurs agents dont les principaux sont les *Rhodotorula* et *Serratia marcescens*. L'incidence de ce défaut est d'autant moins grave que la couleur des taches se confond avec celle donnée par les ferments du rouge : *Brevibacterium linens*. Les désinfections usuelles et un bon ensemencement des ferments de surface peuvent enrayer ces taches rougeâtres.

III. - DEFAUTS DE LA PATE

1. Pâte colorée

La pâte du Pont l'Evêque peut être parfois colorée en rose ou rouge. Cette coloration est due à une contamination accidentelle par les nitrates et les nitrites qui, se combinant avec des acides aminés tels que la tyrosine lors de l'affinage, donnent des nitrosamines colorées. HUYNH CONG HAU a pu ainsi doser sur des Pont l'Evêque à pâte colorée des taux respectifs de 309 mg/kg, de 70 mg/kg et de 22 mg/kg de nitrates, nitrites et dérivés C nitrosés.

Les nitrates ont eu autrefois pour origine une addition volontaire de nitrate de potassium pour éviter les gonflements d'origine butyrique. L'addition de nitrate de potassium est interdite actuellement.

La contamination a également eu lieu de façon accidentelle sur des fabrications de Pont l'Evêque fermiers. Selon DESFLEURS, les fromages étaient contaminés par contact avec les "glottes" servant à l'égouttage du caillé. Ces "glottes" sont des roseaux récoltés en septembre sur de petites rivières telles que la Touques. La forte concentration de nitrates dans ces roseaux semblerait due à l'épandage d'engrais (les nitrates sont très solubles) sur les prairies avoisinantes.

2. Pâte sèche

Lorsque l'égouttage est trop poussé, la pâte devient sèche, les grains de caillé ne se soudent pas et le fromage manque de cohésion. Les causes de l'excès d'égouttage sont nombreuses et identiques pour tous les fromages à pâte molle. Nous citerons principalement :

- une acidification lactique trop forte,
- un surdosage de la présure,
- une température trop élevée de la salle d'égouttage favorisant un égouttage long et poussé,
- un travail mécanique trop poussé : un brassage prolongé, des retournements nombreux et brutaux entraînent la formation d'une pâte sèche et feuilletée,
- une hygrométrie trop faible et une hyperventilation dans les salles d'affinage.

3. Pâte coulante

La pâte reste trop humide. L'égouttage est insuffisant. Tous les nombreux facteurs contraires à un égouttage correct sont à mentionner et peuvent agir simultanément. Nous citerons parmi eux :

- tous les facteurs défavorables à une bonne acidification lactique déjà mentionnés : laits impropres, présence d'inhibiteurs, contamination des ferments...,
- une température d'égouttage trop basse,
- un travail mécanique du caillé trop faible,
- un salage trop précoce et insuffisant.

L'humidité trop élevée de la pâte et son pH tendant vers la neutralité sont favorables au développement de germes indésirables tels que les *Mucor* sur la croûte et de germes très protéolytiques ou encore à un excès de *Geotrichum candidum*. Des défauts graves déjà mentionnés pourront alors survenir.

IV. - DEFAUTS DE GOUT

1. Goût de rance - Goût de savon

a) Etiologie

Des réactions d'oxydation, de rancissement et de saponification de la matière grasse provoqueront la perception de goûts de rance et de savon. L'emploi pratiquement généralisé de la technique de refroidissement du lait à la ferme a augmenté la fréquence de ces défauts graves. En effet, le refroidissement du lait entraîne l'activation des lipases, qu'elles soient d'origine naturelle ou d'origine microbienne, et la libération, à un taux perceptible, d'acides gras libres.

A la température ambiante, la membrane du globule gras protège le triglycéride de l'action de la lipase naturelle du lait. Cette membrane peut être dégradée lors de variations thermiques brutales (refroidissement rapide puis apport du lait chaud d'une nouvelle traite) ou par agitation mécanique dans les tanks de réfrigération. La membrane une fois dégradée, la lipase naturelle peut alors agir.

D'autre part, le refroidissement du lait est à l'origine d'une sélection microbienne au profit de la flore psychrophile dont les lipases provoqueront une lipolyse trop poussée. Les bactéries psychrotrophes sont des germes de contamination présents surtout dans les eaux usées et les eaux de nettoyage. Ils peuvent se développer à une température inférieure à 7°C. La plupart sont aérobies et appartiennent aux genres *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Alkaligens*, *Flavobacterium*, *Arthrobacter* et *Aeromonas*. Les lipases des bactéries psychrotrophes sont thermorésistantes. La lipolyse pourra donc se poursuivre au cours de l'affinage malgré la pasteurisation antérieure du lait.

b) Prophylaxie

Pour éviter l'action de la lipase naturelle du lait, il faudra limiter les réchauffements et les refroidissements successifs qui pourraient altérer la membrane du globule gras. Un refroidissement progressif à 4°C en deux heures avec un brassage mécanique modéré, des intervalles de ramassage n'excédant pas 48 heures, sont conseillés. L'action de la lipase naturelle thermosensible sera stopée par la pasteurisation.

La limitation de la flore psychrophile sera obtenue principalement par :

- l'hygiène irréprochable de la traite : lavage et essuyage du pis, lavage des tuyauteries et du matériel de traite à l'aide de solutions alcalines puis acides, accompagné d'un rinçage à l'eau bouillante, brossage soigné du tank après chaque vidange, etc. A partir d'une contamination supérieure à 10^6 germes par ml, les défauts de goût sont susceptibles d'apparaître ;
- l'absence de recontamination du lait après la pasteurisation par les eaux de nettoyage ;
- la conservation du lait à une température inférieure à 4°C, que ce soit à la ferme ou lors du transport à l'usine.

A noter enfin que l'utilisation du lait réfrigéré, vu l'inhibition de la flore lactique, nécessite une maturation du lait à 10°C pendant environ 12 heures avec un ensemencement en ferments lactiques.

Conclusion

Le Pont l'Evêque de fabrication industrielle, présente parfois des goûts de rance et de savon dus à l'utilisation des laits réfrigérés. Une hygiène correcte de la traite et une température constante de stockage du lait à 4°C permettent de limiter la fréquence de ces accidents graves.

2. Goût d'amertume

Un léger goût d'amertume pour le Pont l'Evêque n'est pas *a priori* rédhibitoire, mais fait au contraire partie de son goût spécifique. Pour ce fromage, seul un excès d'amertume est un défaut. Le mode de fabrication traditionnelle et fermière à l'aide d'un lait frais, donc peu acide et un caillé à prédominance présure prédispose le Pont l'Evêque fermier à ce défaut.

a) Etiologie

L'excès d'amertume des Pont l'Evêque est dû à deux grandes séries de facteurs : la formation de sels amers et la formation de peptides amers.

(1) Excès de sels de calcium amers

Au cours de la fabrication industrielle, la pasteurisation provoque la précipitation d'une fraction des sels de calcium. Les fromagers ajoutent donc souvent une petite quantité de chlorure de calcium pour compenser ce phénomène. L'excès de sels de calcium contribuera au goût d'amertume.

D'autre part, lorsque le caillé est de caractère nettement présure, soit par surdosage de la présure soit par acidification lactique trop faible, il est souple, gélatineux, imperméable et n'exsude pas facilement son lactosérum. Le lactose restant en grande quantité est transformé progressivement en acide lactique. La neutralisation ultérieure par le paraphosphocaséinate de calcium, de l'acide lactique aboutit à la formation de lactate de calcium amer dans la pâte.

(2) Protéolyse

L'excès d'amertume de la pâte peut être dû également à la formation, au cours de l'affinage, de nombreux peptides amers. Ceux-ci apparaissent au cours de la protéolyse et ont plusieurs origines :

- La flore psychrophile

Outre des lipases, elle possède également des protéases thermorésistantes. D'après DUMONT, la dégradation des protéines semble s'arrêter au stade intermédiaire des peptides dont certains sont amers. A noter enfin, que d'après le Centre Interprofessionnel Laitier du Calvados, l'espèce *Pseudomonas fluorescens*, dont les protéases sont très thermorésistantes, est fréquemment rencontrée dans les laits réfrigérés de ce département.

- L'excès de présure

La présure, outre son action coagulante, possède des propriétés protéolytiques. La présure résiduelle dans le caillé décompose la caséine en peptides qui sont susceptibles d'apporter un goût d'amertume.

- Les ferments lactiques

De nombreux auteurs ont décrit la tendance de certaines souches de ferments lactiques à former des peptides amers.

b) Prophylaxie

Pour éviter l'excès d'amertume, on veillera à un dosage correct de la présure, à l'addition à bon escient d'une petite quantité de chlorure de calcium et à l'emploi de souches de ferments lactiques non amérisantes. En outre, l'utilisation de laits réfrigérés de bonne qualité avec une flore psychrophile minimale reste toujours subordonnée comme nous l'avons déjà vu précédemment à une bonne hygiène de la traite et à une température de stockage du lait à 4°C.

3. Goût trop salé

Les dosages effectués par le Laboratoire Interprofessionnel Laitier du Calvados ont des valeurs moyennes oscillant autour de 1,5 % de chlorure de sodium sur les Pont l'Evêque à affinage modéré. Le goût trop salé devient

perceptible pour la majorité des consommateurs pour un taux légèrement supérieur à 2 %. Il sera d'autant plus accentué que l'affinage sera poussé. En effet, lors d'un affinage poussé, de nombreux sels ammoniacaux au goût salé apparaissent et la perte d'humidité du fromage augmente la concentration relative du sel.

Lors de la fabrication, l'intensité du salage dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont : l'humidité du fromage, le temps de saumurage, l'âge de la saumure, la granulométrie du sel, le nombre de lavages des fromages, etc.

Le défaut de goût trop salé est facile à corriger en influant sur ces différents facteurs. Il est préférable à l'insuffisance de salage. En effet, le sel, outre l'amélioration de la sapidité de la pâte, provoque la sélection des micro-organismes et gêne l'apparition de défauts tels que la "Maladie de la graisse" ou le développement de bactéries putréfiantes.

4. Goût putride

Des germes de putréfaction peuvent envahir la pâte au cours de l'affinage et provoquer l'apparition d'un goût putride très désagréable. Ce mauvais goût accompagne les gonflements précoces et tardifs précédemment étudiés. Les fermentations anormales, avec la présence de gaz carbonique et d'hydrogène dans les trous de la pâte, ne se font qu'à pH élevé. Tous les facteurs déjà cités empêchant une bonne acidification du caillé favoriseront donc l'apparition de ce défaut particulièrement grave.

CONCLUSION GENERALE

Le Pont l'Evêque est un des plus anciens fromages français. Il fait partie du patrimoine normand.

La fabrication fermière et traditionnelle qui respecte la flore "sauvage" et le "cru" des laits normands tend cependant à décliner. En effet, les automnes et les printemps souvent pluvieux ne permettent pas la réalisation des ensilages dans des conditions parfaites et exposent cette fabrication aux accidents graves de type butyrique. La bactofugation, technique prophylactique possible mais imparfaite, reste trop coûteuse pour les petites unités.

La fabrication industrielle à partir de lait entièrement ou en partie pasteurisé assure l'essentiel de la production. La mécanisation, les technologies modernes aboutissent à un produit de plus en plus uniforme et standardisé. On évitera les incidents et les défauts graves en partant d'une matière première de bonne qualité bactériologique et apte à la transformation fromagère. C'est pourquoi toutes les actions en aval de la fabrication sont primordiales : réalisation de bons ensilages, hygiène de la traite irréprochable, mise en oeuvre de plans de prophylaxie des mammites, respect des "délais d'attente", contrôle des machines à traire et des tanks réfrigérants, transport du lait vers l'usine sans interruption de la chaîne du froid...

Cependant, le volume total de la production du Pont l'Evêque a diminué ces dernières années. L'obtention de l'appellation d'origine en 1976 et les efforts récents de promotion ont certes atténué cette baisse. Le volume très faible des exportations atteste néanmoins que l'avenir du Pont l'Evêque ne peut se concevoir que dans un cadre régional ou national.

Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire
rapporteur

Professeur EECKHOUTTE

Vu : Le Directeur de l'Ecole
Vétérinaire

Professeur R. LAUTIE

Le Président de la Thèse

rofesseur : Mme ENJALBERT

VU ET PERMIS D'IMPRIMER
Toulouse, le 06.01.91
L'Administrateur provisoire de
l'Université Paul Sabatier

UNIVERSITE PAUL SABATIER - TOULOUSE

Professeur D. [illegible]

BIBLIOGRAPHIE

1. ADDA (J.) et DUMONT (J.P.) - Les substances responsables de l'arôme des fromages à pâte molle. Le lait, 1974, n° 531-532, 1-19.

2. ALAIS (Ch.) - Science du lait. Principe de techniques laitières. 3e édit., Ed. Sep., Paris, 1974.

3. ALAIS (Ch.) et JOLLES (P.) - L'action de la présure sur la caséine. Le lait, 1964, 44, n° 435-436, 138-151, 259-272.

4. ANDROUET (P.) - Les fromages de leur origine à nos jours. La Tech. Lait., 1974.

5. BRENET (M.), CENTE LEGHE (J.L.), MILLIERE (J.B.), RAMET (J.P.) et WEBER (F.) Etude d'un accident en fromagerie de type "Camembert" causé par les mucorales. Le lait, 1972, 52, n° 513-514, 141-148.

6. CORBION (B.) et FREMY (J.M.) - Recherche des aflatoxines B_1 et M_1 dans les fromages de type "Camembert". Le lait, 1978, n° 573-574, 133-137.

7. CORDONNIER (O.) - Le véritable Camembert de Normandie. Thèse Doct. Vét., Toulouse, 1976, n° 71, 117 p.

8. DESFLEURS (M.) - Contamination de Pont l'Evêque par un *Penicillium* provenant de boîtes et cageots servant à leur emballage. Le lait, 1975, n° 547-548, 396-400.

9. DESMAZEAUD (M.J.) et GUYON (J.C.) - Mécanisme général de la dégradation des protéines au cours de la maturation des fromages. Milchwissenschaft, 1977, 32 (12), 731-734.

10. DUCRET (P.), FLEURY (J.P.), GOUVERNON (B.), MAURON (M.) - Un nouveau procédé d'élimination des ferments butyriques du lait. La Techn. Lait., 1980, n° 940, p. 30.

11. DUMONT (J.P.), DEGAS (C.) et ADDA (J.) - L'arôme du Pont l'Evêque. Mise en évidence de constituants volatils quantitativement mineurs. Le Lait, 1976, 177-180.

12. DUMONT (J.P.), ROGER (S.) et ADDA (J.) - Etude des composés volatils neutres présents dans les fromages à pâte molle et à croûte lavée. Le Lait, 1974, n° 531-532, 31-43.

13. FEUILLAT (M.), LEGUENNEC (S.) et OLSSON (A.) - Contribution à l'étude de la protéolyse des laits réfrigérés et incidence sur le rendement d'une fabrication de fromages à pâte molle. Le Lait, 1976, n° 558, 521-536.

14. FRANCOIS (A.) - Instructions pour la détection des antibiotiques et des sulfamides livrés par les producteurs. Revue Lait., 1981, n° 395, 7-17.

15. GIRAUDET (C.) - Etude et prophylaxie des accidents de fromagerie dus à une contamination du lait à la ferme par des germes de souillure. Thèse Doct. Vét., Toulouse, 1978, n° 93, 84 p.

16. GUEGUEN (M.), DESFLEURS (M.) et LEMARINIER (S.) - *Penicillium roqueforti Thom*, responsable d'un nouvel accident en fromages à pâte molle. Le Lait, 1978, n° 577, 327.

17. GUEGUEN (M.) et LENOIR (J.) - Caractères du système protéolytique de *Geotrichum candidum*. Le Lait, 1976, n° 557, 439-448.

18. HEDIARD (L.) - Le fromage de Pont l'Evêque. L'indust. Lait., 1935, n° 11, 10-11.

19. HUREL (C.) et MOCQUOT (G.) - Etude comparée des fromages de Livarot et de Pont l'Evêque. Le Lait, 1947, n° 263-264, 131-141.

20. HUYNH CONG-HAU - Recherches biologiques sur la série nitrates, nitrites, dérivés nitrosés. Thèse Doct. Sci., Caen, 1975.

21. JACQUET (J.) - Sur les moyens de lutte contre l'accident du "bleu" en fromagerie de pâte molle de type "Camembert". Rôle des ferments. C.R. Acad. Sci., 1956, 243, 1568-1571.

22. JACQUET (J.) et DESFLEURS (M.) - *Scopulariopsis brevicaulis* Bainier ou mieux, *Scopulariopsis fusca* Zach, agent des taches brun violettes des fromages à pâte molle. Le Lait, 1966, n° 455-456, 241-253.

23. JACQUET (J.) et DESFLEURS (M.) - *Cladosporium herbarum* Link, agent d'accidents tardifs de "bleu" sur les fromages à pâte molle et spécialement le Camembert. Le Lait, 1956, n° 458, 485-497.

24. JACQUET (J.) et DESFLEURS (M.) - Etude d'un nouvel accident de "bleu" en fromagerie de Camembert. Enseignements pratiques. Le Lait, 1966, n° 459-460, 599-610.

25. JACQUET (J.) et LENOIR (J.) - Mécanisme intime de l'affinage des fromages. Econ. Méd. Ann., 1969, n° 1, 38-71.

26. JACQUET (J.) et SAINGT (O.) - Etude sur les fabrications accidentelles de camemberts rouges. Le Lait, 1952, n° 32, 129-144.

27. JACQUET (J.) et THEVENOT (R.) - Le lait et le froid. Ed. Baillière, Paris.

28. LUQUET (F.M.), MAHIEU (H.), MOUILLET (L.) et BOUDIER (J.F.) - A propos de la contamination des laits en biphényls polychlorés. Le Lait, 1979, n° 589-590, 551-570.

29. LUQUET (F.M.), MOUILLET (L.), MAHIEU (H.) et BOUDIER (J.F.) - La contamination des laits par des résidus de P.C.B.s. Le Lait, 1978, n° 573-574, 173-178.

30. MANEUVRIER (J.) - Hier et aujourd'hui. Le fromage en pays d'Auge. Impr. Certain, Saint-Pierre-sur-Dives, 1974.

31. MEISSONNIER (E.) et BOUCHOT (M.C.) - Proposition d'exemption de temps d'attente pour certains principes actifs à usage vétérinaire. Le Point vétér., 1978, 8 (37), 97-105.

32. MOCQUOT (G.) - Recommandations concernant la technologie des fromages à pâte molle destinés à l'exportation. Rapport INRA-Sopexa, Jouy-en-Josas, 1974.

33. MORIERE (J.) - Industrie fromagère dans le Calvados, 1877.

34. PELISSIER (J.P.) et RIBADEAU-DUMAS (B.) - Pourquoi les fromages ont-ils parfois un goût amer ? Revue Lait., 1976, n° 341, 217-223.

35. RAY (G.) - Technologie fromagère. Dunod, Paris.

36. STADHOUDERS (J.) - Mécanismes de la formation de l'amertume dans le fromage. Revue Lait., 1979, n° 376, 9-20.

37. VAN RANTERGHEM (R.), MOERMANS (R.), BILLIET (D.) et al. - Traitements statistiques des résultats d'une étude circulaire interlaboratoire concernant le dosage de pesticides organochlorés dans le lait et les produits laitiers. Le Lait, 1979, n° 583-584, 125-141.

38. VEISSEYRE (R.) - Techniques laitières. 3e édit., La Maison Rustique, Paris, 1978.

39. WALKER (Y.) - La bactofugation. La Techn. Lait., 1973, n° 778.

Divers :

- Notes du S.F.P.L.
- L'Epicerie Française. 3,5 litres pour un Pont l'Evêque n° 588, 19 mai 1979.
- ROUIL (J.) - Une journée avec les fabricants de Pont l'Evêque. L'agric. Norm., 19 avril 1979.
- MASSON (C.) - Le Pont l'Evêque cherche à redorer son blason. Ouest-France, 14, 15, 16 avril 1979.
- Documents du Laboratoire Interprofessionnel Laitier du Calvados.
- Documents du Laboratoire G. ROGER.